



WESLEY DE ALMEIDA MARETTI

**SISTEMA MICROCONTROLADO PARA O CORTE NO
FORNECIMENTO DE ÁGUA POR MEIO REMOTO**

**Brasília - DF
2008**

**SISTEMA MICROCONTROLADO PARA O CORTE NO
FORNECIMENTO DE ÁGUA POR MEIO REMOTO**

Monografia apresentada à banca examinadora do Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, para Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, para conclusão do curso de Engenharia da Computação.

Orientador: Professor Carmo
Gonçalves

**Brasília - DF
2008**

WESLEY DE ALMEIDA MARETTI

**SISTEMA MICROCONTROLADO PARA O CORTE NO
FORNECIMENTO DE ÁGUA POR MEIO REMOTO**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Carmo Gonçalves

[Nome do Examinador]

[Nome do Examinador]

Brasília, 24 de Novembro de 2008

Aos meus pais por seu amor,
sacrifício, orientação e
encorajamento, que sem eles esse
sonho não poderia ser realizado.

A minha irmã por ter me apoiado e
me ajudado.

A minha avó por ter me apoiado, me
dado conselhos e sempre rezado
para que desse tudo certo.

E para a meus tios que sempre me
apoiaram e me acompanharam
nesta caminhada da vida..

AGRADECIMENTOS

Agradeço em Primeiro lugar a Deus por ter me abençoado no decorrer da vida e em particular durante o período em que estive cursando engenharia,

Em particular aos meus pais que sempre me apoiaram, desde o vestibular até a monografia, alias desde o nascimento até os dias de hoje. Obrigado pela paciência e pela compreensão e por sempre estarem do meu lado, seja na alegria ou na tristeza, nas conquistas ou nas derrotas. Seja comemorações ou nas broncas, porém sempre me dando voto de confiança, apoio e motivação para cada dia conquistar novos objetivos. Pai e Mãe demorou mas chegou a hora, ACABOU. Mais uma vez Obrigado por tudo,

A minha irmã que sempre está ao meu lado, com seu jeito protetor, sempre querendo me ajudar e apoiar,

A meus avós e tios que cada um na sua maneira sabe que foi de extrema importância para que eu conseguisse obter esse êxito e chegar ao fim dessa fase e iniciasse outra.

Aos meus amigos que estiveram nas apresentações, seminários, apoiando em particular ao André, o Ubiratan e o Michel. Como diz a música “VALEU A PENA”

Ao professor orientador Carmo Gonçalves, pela paciência, pelos encontros, pelas orientações, pelos conselhos que com certeza estes levarei para minha vida profissional e por mostrar caminhos mais rápidos e praticos para estar finalizando a monografia,

À professora Marony, ao Professor Julimar e ao Professor Penedo pelas orientações e ajudas em estar solucionando os assuntos técnicos referentes a este trabalho

Um agradecimento especial ao Engenheiro Dimas e ao Engenheiro Marcelo, ambos da CAESB. Pela sugestão de projeto, apoio do desenvolvimento e pela paciência em me mostrar as tecnologias utilizadas pela CAESB.

E a todos que de alguma forma contribuíram para esta minha conquista o meu sinceros agradecimentos. Obrigado a todos.

RESUMO

Este projeto tem por finalidade desenvolver um modelo experimental de um sistema que permita realizar o corte no fornecimento de água utilizando um sistema microcontrolado, acionado por meio remoto. Esse corte poderá ser realizado pelas concessionárias de abastecimento de água quando houver necessidade operacional. Para realizar o corte no fornecimento de água, buscou-se utilizar-se da automação com a programação de um microcontrolador, que tem conectado um transmissor e um receptor RF. O microcontrolador é comandado por um sinal enviado por um controle remoto RF que, ao ser acionado, envia um sinal que é recebido pelo receptor RF. O receptor RF realiza a decodificação do sinal, o código é recebido, e encaminhado ao comando de fechamento da porta do microcontrolador, que está ligada a um relé que chaveia a válvula solenóide. O reestabelecimento do fluxo de água é feito com o acionamento, novamente, do controle remoto RF, que envia outro sinal que é recebido pelo receptor, decodificado e enviado para o microcontrolador para que seja realizada a abertura da válvula. O microcontrolador faz o corte e o reestabelecimento da tensão que alimenta a válvula solenóide resultando no fechamento e na abertura do fluxo de água.

PALAVRAS-CHAVE:

Sistema microcontrolado, meio remoto, automação, microcontrolador, transmissor e receptor RF, válvula solenóide.

ABSTRACT

This project aims to develop an experimental model of a system to carry out the cut in the supply of water using a system microcontroller, triggered by remote. This cut could be achieved by the concessionaires of the water supply when there is operational need. To achieve the cut in the supply of water, the automation with the scheduling of a microcontroller, which it has signed an RF transmitter and a receiver. The microcontroller is controlled by a signal sent by a remote control RF, which when activated, it sends a signal to be received by the receiver RF. The RF receiver performs the decoding of the signal, the code received, and forwards the command of closing the door of the microcontroller, which is linked to a significant key to that solenoid valve. The restoration of water flow is done with the drive again, the RF remote control, which sends another signal to be received by the receiver, decoded and sent to the microcontroller. The restoration of water flow is done with the drive again, the RF remote control, which sends another signal to be received by the receiver, decoded and sent to the microcontroller to be done to open the valve. The microcontroller makes the cut and the restoration of the tension that feeds the solenoid valve resulting in the closure and opening of water flow.

KEY WORDS:

Microcontroller System, Using Remote, Automation, Microcontroller, Rf Transmitter And Receiver, Solenoid Valves.

AGRADECIMENTOS	V
RESUMO	VI
ABSTRACT	VII
LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS	4
LISTA DE SIGLAS	5
CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO	6
1.1 OBJETIVOS GERAIS	8
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA MECÂNICA DOS FLUIDOS	10
2.1. CONCEITOS BÁSICOS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS	10
2.1.1 Mecânica dos Fluidos	10
2.1.2. Fluido	10
2.1.3. Pressão	11
2.1.4. Vazão	12
2.1.5. Escoamento	12
2.2. TIPOS DE PRESSÃO	12
2.2.1. Pressão Atmosférica	12
2.2.2. Pressão em Fluidos	13
2.3 INSTRUMENTOS MEDIDORES DE PRESSÃO	14
2.3.1 Manômetros a Transdutor ou Transmissor de Pressão	14
2.3.2 Sensores Piezoresistivo ou extensômetro ou strain gauges	15
2.4 MÉTODOS DE MEDIDA DE VAZÃO	16
2.4.1 Método Direto e Indireto	16
2.4.2 Método Direto - Diferença de Pressão	16
2.4.3 Método Direto - Placa de Orifício	17
2.5 INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÃO DA MEDIDA DE VAZÃO	18
2.5.1 Medidor Vortex	18
2.5.2 Medidor Rotâmetro	18
2.5.3 Medidor Hélice	19
2.5.4 Tubo de Pilot	20
2.6 CLASSIFICAÇÕES DOS ESCOAMENTOS	20
2.6.1 Escoamento em Regime Permanente e Não-Permanentes:	21
2.6.2 Escoamento Uni, Bi e Tridimensionais:	21
2.6.3 Escoamento Viscoso e Não-Viscoso:	21
2.6.4 Escoamento Laminar e Turbulento:	22
2.6.5 Escoamento de Fluidos Compressíveis e Incompressíveis:	22
2.7 TEORIA DO SISTEMA MICROCONTROLADO	23
2.7.1 Microcontrolador	23
2.7.2 Sistema Microcontrolado	24
CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA MEDIÇÃO DE VAZÃO	25
3.1. CONCEITOS BÁSICOS DA MEDIÇÃO DE VAZÃO	25
3.2 TIPOS DE MEDIDORES DE VAZÃO	25

	2
3.2.1 Placa de Orifício	26
3.2.2. Hidrômetro	27
3.3 TIPOS DE HIDRÔMETROS	27
3.3.1 Hidrômetro Residência e Industrial	27
3.3.2 Hidrômetro Taquimétrico ou de Velocidade	28
3.3.3 Hidrômetro Volumétrico.....	29
3.3.4 Hidrômetro Monojato.....	29
3.3.5 Hidrômetro Multijato	29
3.3.6 Hidrômetro Úmido e Seco	29
3.3.7 Hidrômetro Mecânico	30
3.3.8 Hidrômetro Magnético	30
3.4 PESQUISA DE CAMPO	31
CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES DO PROJETO	33
4.1. CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES DA BANCADA EXPERIMENTAL	33
4.1.1 Microcontrolador.....	33
4.1.2 Bomba.....	38
4.1.3 Válvula Solenóide.....	39
4.1.4 Emissor e Receptor RF	41
4.2 CUSTO DA BANCADA	44
CAPÍTULO 5 – DETALHAMENTO DA BANCADA, FERRAMENTAS E METODOLOGIA PARA OS TESTES	45
5.1. DETALHAMENTO DA BANCADA	45
5.1.1 Bancada de Testes	45
5.1.2 Ferramentas Utilizadas	48
5.1.3 Metodologia dos Testes	49
CAPÍTULO 6 – TESTES REALIZADOS, RESULTADOS E ANALISE	51
6.1. ANALISE DOS TESTES E PROBLEMAS APRESENTADOS	51
CAPÍTULO 7– CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
APENDICES	55
A.1 CÓDIGO DO CORTE DE ÁGUA:.....	55
A.2 CÓDIGO DO RECEPTOR.....	64

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 – Diagrama do Projeto	8
Figura 2.1 – Fórmula para cálculo de Pressão.....	Erro! Indicador não definido.
Figura 2.2 – Pressão Total	14
Figura 2.3 –Captadores de Transdutores.....	15
Figura 2.4 –Método Direto – Diferença de Pressão	17
FIGURA 2.5 – Placa de Orifício.....	17
Figura 2.6 – Medidor Vortex	18
Figura 2.7 – Rotâmetros Hedland	19
Figura 2.8 –Medidor Helice	19
Figura 2.9 –Tubo de Pilot	20
Figura 2.10 – Fórmula para calcular o Número de Reynolds ...	Erro! Indicador não definido.
Figura 3.1 – Placa de Orifício	26
Figura 3.3 – Hidrômetro Residencial ou Industrial.....	28
Figura 3.4 – Arquitetura do RS2000 e-Control MI SUM	32
Figura 4.1 – Estrutura do PIC 16F628.....	36
Figura 4.2 – Imagem de um PIC 16F628	36
Figura 4.3– Bomba elétrica automotiva de combustível	39
Figura 4.4– Funcionamento da Válvula Solenóide e ilustração do campo magnético.....	41
Figura 4.5– Pinagem do Diagrama do Emissor.....	42
Figura 4.6– Pinagem do Emissor	44
Figura 5.1– Tela do IC-Prog 1.06	48
Figura 5.2– Protoboard do receptor com os leds de confirmação	50
Figura 6.1– Iniciando a montagem da Bancada de Testes	46
Figura 6.2– Visão lateral da Bancada em testes	47
Figura 6.3– Visão superior da Bancada em testes.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Estrutura do PIC 16F628.....	35
Tabela 4.1- Pinos do PIC 16F628	37
Tabela 4.2– Características do Emissor.....	42
Tabela 4.4 – Características do Emissor.....	43

LISTA DE SIGLAS

EEPROM: Memória programável somente leitura eletricamente apagável

Hz: Hertz.

LCD: Display de cristal líquido

LED: Diodo emissor de luz

LVP: Programação em baixa tensão

MHz: Megahertz.

PIC: PIC micro.

RAM: Memória de acesso aleatório

RISC: Computador com um conjunto reduzido de instruções

RF: Radio Frequência

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO

A água é a substância que em suas condições normais e naturais de temperatura e de pressão é encontrada no estado líquido, incolor, inodora e insípida. Esta é composta por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio, H_2O , conhecidos academicamente como hidróxido de hidrogênio, monóxido de di-hidrogênio ou protóxido de hidrogênio.

O planeta Terra possui três quartos de sua superfície coberta pela água, entretanto ela vem se tornando cada vez mais escassa, conforme estudos científicos realizados por vários centros de pesquisa reconhecidos internacionalmente. Desses três quartos da superfície que são compostos de água, somente 3% é próprio para o consumo do ser humano, podendo esta pequena parcela ser encontrada em grande volume no formato de gelo no Pólo Antártico (parte inferior do globo terrestre).

É importante ressaltar também a proporção que a água tem na composição do corpo dos seres humanos, este possui cerca de 70% a 75% de água, sendo este fluido o principal mineral constituinte do corpo humano. Assim, é de extrema importância para o funcionamento e para a sobrevivência dos seres humanos, pois ela ajuda nas funcionalidades vitais e contribui para o controle da temperatura do corpo humano.

Alguns países como Brasil, Canadá, Rússia e China são considerados os que possuem o maior controle sobre as reservas de água fresca de todo o planeta Terra, entretanto com o passar dos anos está se tornando cada vez mais importante o aprofundamento dos estudos e do desenvolvimento de métodos para racionalizar o uso da água, através da economia, armazenamento, tratamento, gerenciamento da distribuição e do reaproveitamento deste precioso fluido. Por meio destes estudos verificou-se que a água é um bem que está se tornando cada dia mais escasso, de alto custo e de má qualidade.

Na busca de realizar um controle maior na utilização da água e seguindo a sugestão de automação dada pelos engenheiros da Companhia de Água e Esgoto de Brasília, CAESB, está se desenvolvendo este projeto. Atualmente, o corte no abastecimento d'água, quando necessário, é realizado de forma

presencial pelo profissional qualificado pela empresa responsável pelo fornecimento de água, sendo que no Distrito Federal a empresa responsável é a CAESB. Este trabalho muitas é vezes impossibilitado de ser feito pelo consumidor, por meio de ações que vão desde o não atendimento aos funcionários da CAESB até ameaças físicas de consumidores a estes profissionais.

Este trabalho consiste, além do embasamento teórico, o desenvolvimento de uma bancada experimental dotada de um sistema microcontrolado que será o responsável pelo corte no fornecimento de água, através da atuação de um microcontrolador em uma válvula solenóide de forma remota.

No decorrer deste projeto serão apresentadas fundamentações teóricas, práticas e demonstração e dos resultados obtidos e possui a seguinte estrutura:

No **capítulo 1** é apresentada a introdução desse projeto final, com a motivação da realização do projeto e os seus objetivos principais e específicos.

No **capítulo 2** é apresentada uma fundamentação teórica da mecânica dos fluidos. Neste capítulo são abordados os tipos de escoamentos, tipos de fluídos (compressíveis e incompressíveis), sistemas de medições de vazão e a teoria de sistemas microcontrolados.

No **capítulo 3** são abordadas as medições de vazão por intermédio de hidrômetros entre outros medidores, bem como as suas principais características técnicas e os principais tipos de aparelhos existentes.

No **capítulo 4** são apresentadas as características específicas dos componentes utilizados no desenvolvimento deste projeto.

No **capítulo 5** será realizado o detalhamento do funcionamento e a operacionalidade da bancada, da parte elétrica e microcontrole, bem como das ferramentas computacionais e metodologias de teste utilizadas.

No **capítulo 6** serão apresentados os testes realizados, os resultados e a análise dos mesmos.

Por fim, no **capítulo 7** serão apresentadas as conclusões e as

recomendações para trabalhos futuros.

1.1 OBJETIVOS GERAIS

O projeto tem como objetivo o desenvolvimento de uma bancada experimental em modelo com escala reduzida, com um sistema microcontrolado, e demais instrumentos e dispositivos que permitem simular o corte remoto do abastecimento de água ou de outro fluido e disponibilizar um relatório contendo o embasamento teórico técnico sobre o mesmo. Durante o estudo e a pesquisa para o desenvolvimento do projeto a maior preocupação foi encontrar componentes para compor a solução com uma estrutura simples, de baixo custo, de fácil manuseio, instalação e manutenção para o desenvolvimento da bancada experimental simuladora. A ilustração a seguir mostra o objetivo geral deste projeto.

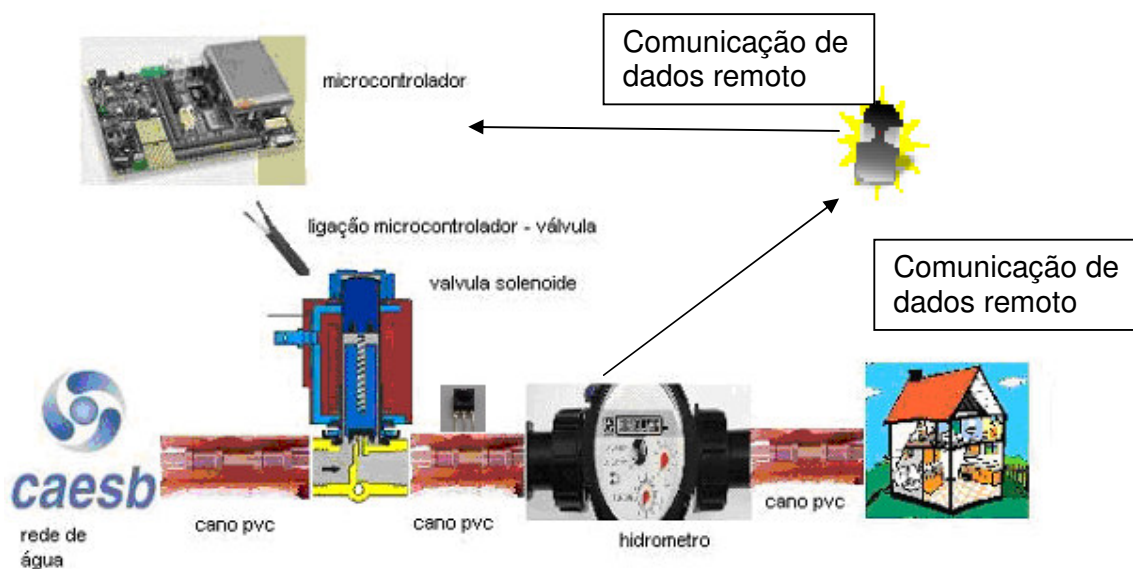


Figura 1.1 – Diagrama do Projeto

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar os objetivos gerais formularam-se os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e analisar a solução de automação, verificada a possibilidade e o material necessário para realizar a automação.
- Estabelecer critérios e analisar a melhor metodologia para a montagem da bancada.
- Realizar os testes para verificar o funcionamento da bancada.

CAPÍTULO 2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA MECÂNICA DOS FLUIDOS

2.1. CONCEITOS BÁSICOS DA MECÂNICA DOS FLUIDOS

2.1.1 Mecânica dos Fluidos

A mecânica dos fluidos é a parte da física que estuda a ação de forças sobre os fluídos de forma dinâmica e de forma estática. Para que se possa realizar um estudo preciso é necessário verificar o estado de equilíbrio que o fluido se encontra. Caso seja estático, seu comportamento é estudado pela hidrostática, já se o fluido estiver sujeito a forças externas, como a viscosidade, gravidade e estas forem diferentes de zero, seu comportamento é estudado pela hidrodinâmica. (FOX & McDonald, 1998)

A dinâmica dos fluidos realiza um estudo da ação de forças externas sobre os fluidos produzindo ou impedindo a progressão do movimento dos mesmos. A produção do movimento se dá através da força da gravidade, uma vez que o fluído sai de um local com maior pressão para um de menor pressão. Essa movimentação pode ocorrer também com a utilização de um agente externo como as bombas que trabalham com o diferencial de pressão.

Em contrapartida, para impedir o movimento podem ocorrer forças internas, por meio da viscosidade e das forças das moléculas que formam o fluído, ou externas através da ação de fricção da parede da tubulação na qual está escoando. (FOX & McDonald, 1998)

2.1.2. Fluido

Fluido é a substância que se deforma, continuamente, quando submetida a uma tensão de cisalhamento, gerada por forças aplicadas em sentidos opostos, porém em direções semelhantes, causando uma deformação que independe da intensidade da tensão. Possui algumas características que são particulares a estes tipos de substâncias, podem escoar, possuem uma leve compressibilidade e sua resistência é inversamente proporcional à deformação, contrariamente ao sólido que a resistência é diretamente proporcional à deformação. O gás em

particular ocupa o volume do recipiente onde está armazenado. (Merle C. Potter e David C. Wiggert, 3ª Ed.)

Os fluídos compressíveis, quando submetidos à ação de uma força sofrem alterações em seu volume reduzindo o mesmo. Já os fluídos incompressíveis, quando submetidos a uma força, apresentam uma resistência quanto à deformação e à alteração do seu volume.

Estas substâncias podem estar na forma líquida e de gases, diferenciando-se devido à compressibilidade que possuem. Os líquidos possuem uma mínima compressibilidade, sendo idealmente considerados incompressíveis, já os gases possuem um elevado grau de compressibilidade. Os gases ao se expandirem se espalham por todo o recipiente, já os líquidos são limitados a ocuparem um volume definido.

Este projeto restringirá o estudo ao fluído no estado líquido, a água, uma vez sendo esta que as concessionárias de abastecimento fazem a distribuição.

2.1.3. Pressão

A definição de pressão é constantemente confundida com a de força. Defini-se pressão como uma força que atua em uma determinada superfície ou área, que possui sentido, módulo e direção, com a pressão agindo sobre ela, passa a ter também estas componentes tornando-se um vetor. Caso esta pressão seja pontual em um ponto material, a atuação dela se dá em todas as direções com intensidade iguais. No sistema internacional de medidas a pressão é representada pelo Pascal (Pa), a seguir se apresenta a formula geral para o calculo da pressão: (Dayr Schiozer, 1996)

$$P = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

onde:

P = Pressão (Pa)

F = Força (N)

A = Área (m²)

2.1.4. Vazão

O produto da área da seção de interesse pela velocidade média medida é denominado de vazão. Esta pode ser desmembrada em duas, a vazão mássica, que mede o fluxo de massa em um determinado período de tempo e a vazão volumétrica, onde se mede o fluxo de um volume por intervalo de tempo.

A vazão volumétrica que mede todo o fluxo de água que passa, por exemplo, em uma tubulação, é utilizada pela grande maioria dos medidores utilizados pelas concessionárias de abastecimento para realizarem a medição e o cálculo do consumo de água pelos usuários. Os medidores que utilizam da vazão mássica, em sua grande parte, são apenas de uso experimental. Os medidores que utilizam a vazão volumétrica são bem conhecidos por todos nós por estarem presentes em nossas residências e em qualquer lugar aonde se possui abastecimento de água de alguma concessionária, são os chamados hidrômetros. O funcionamento e a explicação mais detalhada de como utilizam esta forma de medida serão apresentados no decorrer deste trabalho.

2.1.5. Escoamento

O escoamento é definido como o movimento que a massa fluida tem em relação a um considerado sistema referencial. Este movimento ocorre com o transporte de massa e de energia. Para uma melhor análise deste fenômeno de transporte, é necessário realizar uma apresentação bem definida dos métodos os que serão utilizados com o intuito de seguir os princípios físicos bem definidos. (FOX & McDonald, 1998)

2.2. TIPOS DE PRESSÃO

2.2.1. Pressão Atmosférica

Pressão Atmosférica ou Barométrica é a pressão exercida pela camada de ar que existe em volta da superfície da Terra. Esta por sua vez possui um peso e, conseqüentemente, exerce sobre a superfície da Terra uma força perpendicular. Ela possui duas variáveis em seu cálculo que é a temperatura e a altitude, quanto maiores forem as mesmas menor será pressão em ambos os casos. Seu valor é utilizado pelos aparelhos de medição como o Zero Momentâneo, ou melhor, o

ponto de referência, em condições ditas normais, ao nível do mar e com a temperatura de 0°C . Esta pressão é de extrema importância para o funcionamento de vários aparelhos utilizados no nosso cotidiano, como bombas de sucção, motores, entre outros. (Merle C. Potter e David C. Wiggert, 3^o Ed.)

2.2.2. Pressão em Fluidos

a) Pressão Relativa

A pressão relativa local pode ser obtida e aferida de diversas formas, sendo sua medição realizada por meio do deslocamento ou deformação de um elemento sobre a atuação de uma pressão. É definido como o valor medido num determinado local, retirando a parte superior ou inferior à pressão atmosférica. Pressão esta que é utilizada como parâmetro para a calibração de instrumentos de medição. (Souza & Bortoni, 2006)

b) Pressão Manométrica e Vacuométrica

Pressão manométrica é a pressão medida em relação à pressão atmosférica existente no local, podendo ser positiva ou negativa. Geralmente se coloca a letra “G” após a unidade para representá-la. Quando há uma pressão negativa, em relação à pressão atmosférica, trata-se de pressão vacuométrica. (Souza & Bortoni, 2006)

c) Pressão Total em Fluido

Pressão em Fluido ou Pressão Total é o resultado da soma da pressão estática, medida através do paralelo das linhas de corrente dos fluídos, com a pressão dinâmica, aplicada na linha de corrente. A explicação de cada uma das componentes desse somatório é mostrada na figura a seguir. (Souza & Bortoni, 2006)

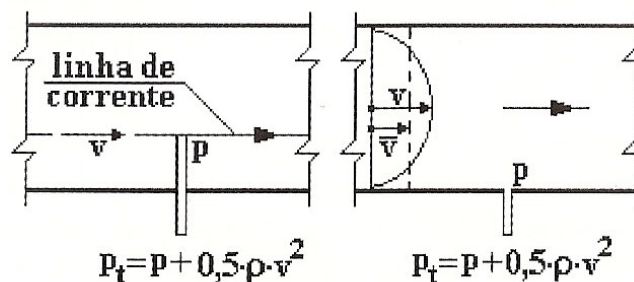


Figura 2.2 – Pressão Total

Fonte: Livro Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais, Souza e Bertoni p. 211.

d) Pressão Diferencial

Pressão diferencial é o resultado da diferença entre duas medições realizadas em um mesmo local em dois pontos distintos, sobre as mesmas condições climáticas e em intervalos mínimos de tempo. (Souza & Bortoni, 2006)

2.3 INSTRUMENTOS MEDIDORES DE PRESSÃO

2.3.1 Manômetros a Transdutor ou Transmissor de Pressão

São instrumentos que realizam a medição da pressão, transformando este valor medido em um referencial que é transmitido a distância. Esta grandeza pode ser uma corrente ou tensão elétrica, modificando apenas o circuito elétrico envolvido no sistema.

Esta variação no circuito elétrico é em cima do captor, o qual pode ter dois tipos de funcionamento. O Gerador - captor remissivo ou ativo, que quando gera o sinal elétrico na forma de corrente ou tensão, realiza a conversão da pressão em energia elétrica. O Modulador - captor passivo, quando não consegue por si próprio gerar a energia elétrica para a transformação da pressão medida, necessita de energia externa para realizar a mesma. Como ilustra a figura a seguir. (Souza & Bortoni, 2006)

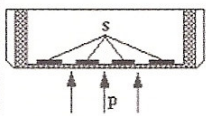
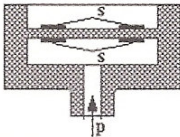
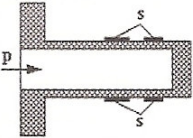
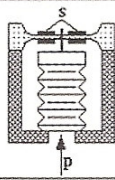
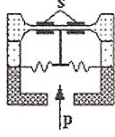
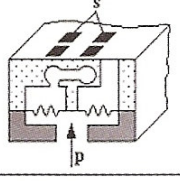
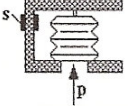
Corpo Suporte s-sensores; p-pressão	Faixa de Medida	Características Principais
	1 a 600 bar	Membrana circular engastada. Medidas estáticas e dinâmicas. Sensível ao cisalhamento. Classe de exatidão: 0,5 %
	1 a 600 bar	Mesma do anterior, porém menos sensível ao cisalhamento. Classe de exatidão: 0,2 %
	25 a 5000 bar	Altas pressões. Classe de exatidão: 0,9 %
	0,1 a 50 bar	Lâmina com 4 sensores a flexão. Frequência própria da ordem de 2000 Hz. Classe de exatidão: 0,05 %
	0,1 a 50 bar	Mesma do anterior, porém com frequência própria até 5000 Hz. Classe de exatidão: 0,03 %
	1 a 500 bar	Deformação em S de viga com 4 sensores. Frequência própria da ordem de 20 Hz. Classe de exatidão: 0,08 %
	1 a 100 bar	Captor robusto. A pressão pode ser aplicada na parte externa do fole. Classe de exatidão: 0,1 %

Figura 2.3 – Captores de Transdutores

Fonte: Livro Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais, Souza e Bertoni p. 211.

2.3.2 Sensores Piezoresistivo ou extensômetro ou strain gauges

Sensores Piezoresistivo utilizam o princípio de Hooke em seu funcionamento, conhecido como o princípio da tensão-deformação. Este princípio se baseia na aplicação de uma força em um objeto, se esta for de tração, este objeto estará sofrendo um alongamento de seu comprimento como consequência um afastamento de suas seções internas. Já se esta for de compressão, este objeto estará sofrendo um encurtamento de seu comprimento, consequentemente, uma aproximação de suas seções internas. (Souza & Bortoni,

2006)

O extensômetro, que é o componente fundamental deste sensor piezoresistivo, é o responsável pela transformação das variações que sofrem na dimensão em variações equivalentes na resistência elétrica que compõe o circuito elétrico. Esta transformação ocorre pois os metais quando sofrem deformação mudam a sua resistência elétrica. Com a sua utilização se consegue obter uma precisão nas medidas, uma facilidade na manipulação dos sensores e uma capacidade de monitoramento das deformações e o envio de sinal remoto. (Souza & Bortoni, 2006)

2.4 MÉTODOS DE MEDIDA DE VAZÃO

2.4.1 Método Direto e Indireto

Os medidores são a referencia para a determinação dos métodos ou do sistema de medição das velocidades, vazão/volume em escoamento ou massa em escoamento, reunindo assim em dois grandes grupos: Métodos Diretos e Indiretos.

Método Direto é os que devido à medição ocorre uma modificação evidente nas características do escoamento no trecho ao qual se quer fazer a medição, pois o medidor encontra-se submerso ao fluido. (Souza & Bortoni, 2006)

Método Indireto é aquele que mesmo com a medição não sofre modificação em sua característica, nem por meio da redução da dimensão do medidor em relação à seção transversal e nem pela instalação externa ao escoamento. (Souza & Bortoni, 2006)

2.4.2 Método Direto - Diferença de Pressão

Este método utiliza a redução da seção interna do conduto em um trecho reto, fazendo com que a pressão que era aplicada, inicialmente, no fluido passe a ser maior uma vez que a área pela qual o fluido tem para passar é bem menor, e conforme mostra a figura a seguir. (Souza & Bortoni, 2006)

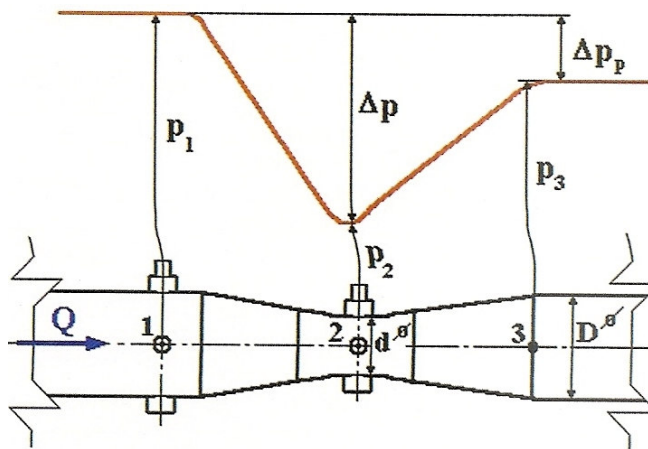


Figura 2.4 – Método Direto – Diferença de Pressão

Fonte: Fonte: Livro Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais, Souza e Bertoni p. 211.

2.4.3 Método Direto - Placa de Orifício

O método da Placa de Orifício é considerado como um método particular do método de diferença de pressão. Neste tipo de método a passagem do fluxo se dá dentro de um orifício ou pela passagem em um diafragma. Assim, é realizado uma redução na dimensão da passagem de forma a aumentar a pressão exercida. (Souza & Bortoni, 2006)

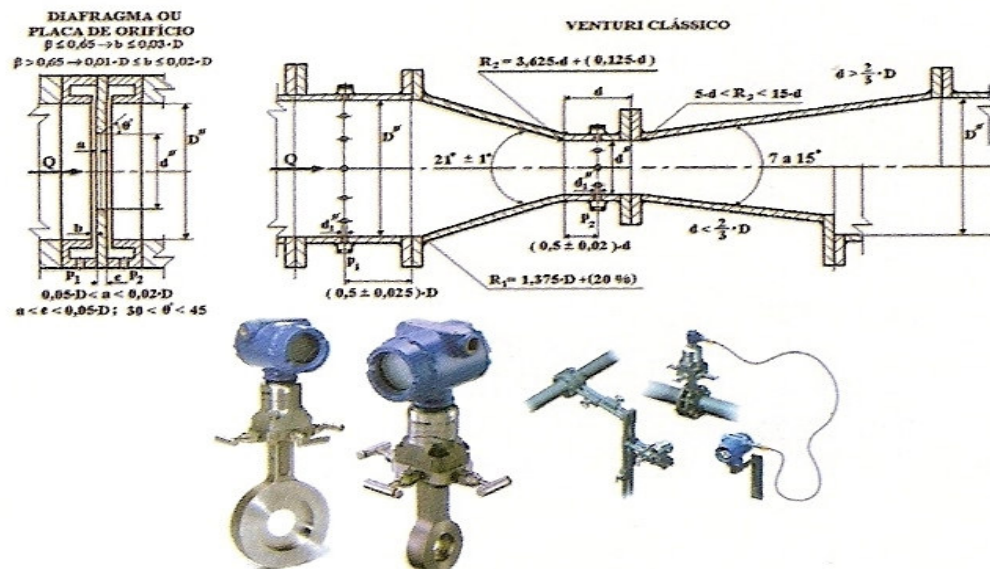


FIGURA 2.5 – Placa de Orifício.

Fonte: Fonte: Livro Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais, Souza e Bertoni p. 254.

2.5 INSTRUMENTOS PARA MEDIÇÃO DA VAZÃO

2.5.1 Medidor Vortex

O Medidor Vortex tem o seu funcionamento baseado na medição de velocidade do fluído a partir da quantidade de vórtices formados quando o líquido passa por um pequeno objeto que fica parado no interior do tubo. Um sensor localizado após este objeto (que pode ser piezoelétrico ou ultra-sônico) monitora, continuamente, os vórtices gerados enviando um sinal que será processado por um circuito eletrônico microprocessado. Logo, conhecendo a secção transversal do tubo e o valor da velocidade, a vazão pode ser determinada. A figura a seguir ilustra este tipo de medidor.

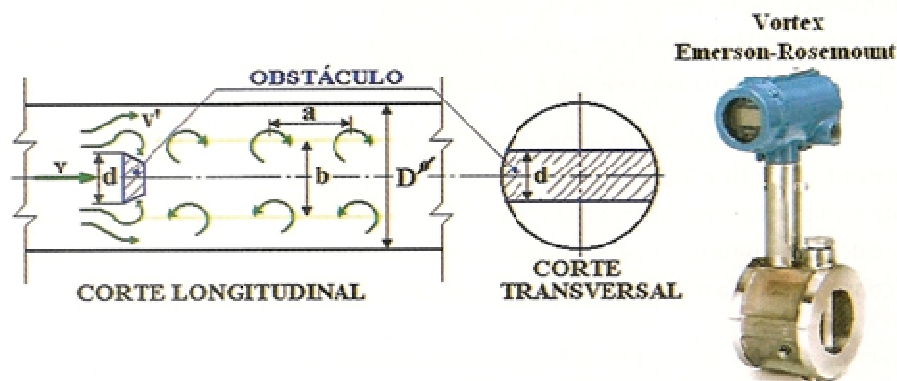


Figura 2.6 – Medidor Vortex

Fonte: *Fonte: Livro Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais, Souza e Bertoni p. 259.*

2.5.2 Medidor Rotâmetro

O medidor rotâmetro utiliza o princípio de que um corpo sólido fica em equilíbrio no interior do escoamento, igualando, dessa forma, a força de arrasto e a diferença entre o peso do corpo e o empuxo.

Sua atuação também pode ser em cima do princípio da área variável. Em torno do pistão existe um orifício de alta precisão e um ímã acoplado a um cursor externo, que se move acompanhando a movimentação do pistão. Uma mola diminui a sensibilidade e age com a viscosidade permitindo assim uma versatilidade na utilização, podendo ser utilizado até de forma invertida. A figura a seguir ilustra este tipo de medidor.

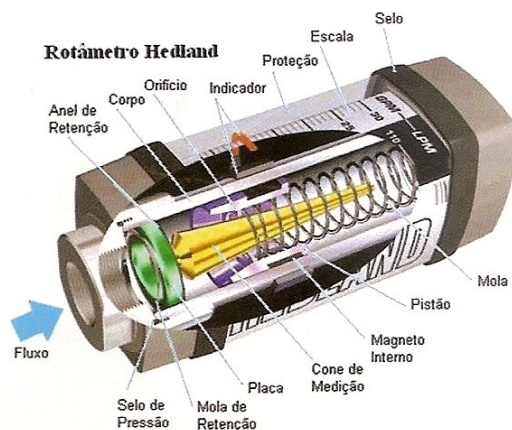
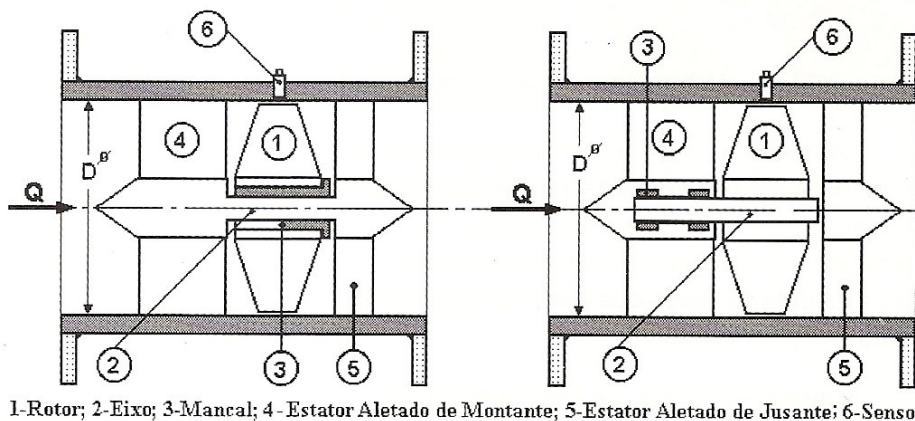


Figura 2.7 – Rotômetros Hedland

Fonte: Livro Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais, Souza e Bertoni p. 265.

2.5.3 Medidor Hélice

Medidores de vazão do tipo hélice ou turbina operam mergulhando uma asa em um escoamento, esta tem que estar com certo ângulo em relação à velocidade do escoamento, para que se produza uma força de sustentação, força esta que é proporcional ao quadrado da velocidade e da área da asa. Esta proporcionalidade é dada pelo Coeficiente de Sustentação (C_s) e este é o Princípio da Asa de Sustentação, conforme é mostrado na figura a seguir.



1-Rotor; 2-Eixo; 3-Mancal; 4- Estator Aletado de Montante; 5-Estator Aletado de Jusante; 6-Sensor

Fig. 6.18 - Componentes principais de medidores de vazão de hélice. À esquerda com eixo fixo e a direita com eixo móvel.

Figura 2.8 – Medidor Helice

Fonte: Livro Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais, Souza e Bertoni p. 269.

2.5.4 Tubo de Pilot

Medidores de vazão do tipo hélice ou turbina operam de acordo com o princípio da asa de sustentação quando possuem poucas pás e quando estas são em grande número operam de acordo com este princípio unido com o de momento de quantidade de movimento.

Mergulha-se uma asa em um escoamento, esta tem que estar com certo ângulo em relação à velocidade do escoamento, para que assim se produza uma força de sustentação, força esta que é proporcional ao quadrado da velocidade e da área da asa. Esta proporcionalidade é dada pelo Coeficiente de Sustentação (C_s), conforme se é mostrado na figura a seguir.

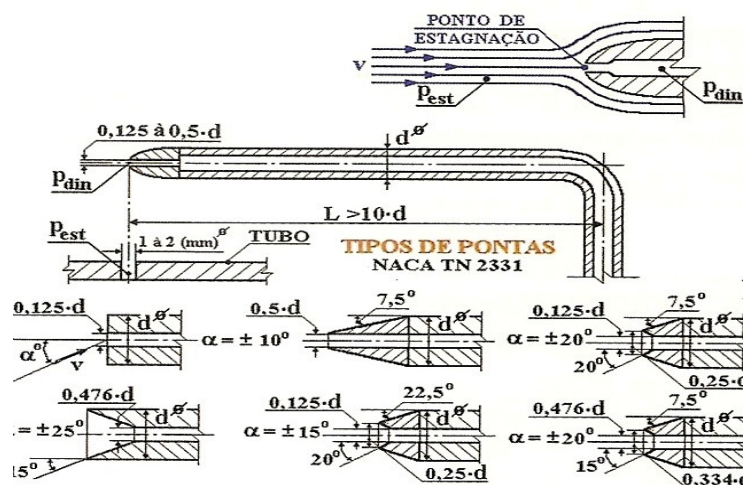


Figura 2.9 – Tubo de Pilot

Fonte: Livro Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais, Souza e Bertoni p. 301.

2.6 CLASSIFICAÇÕES DOS ESCOAMENTOS

O regime de escoamento depende do comprimento das três coordenadas espaciais (x, y, z) e do tempo, que este terá num intervalo de tempo tendo em vista que dependendo do tamanho pode ocorrer uma perturbação variada no fluido. A velocidade depende das três coordenadas espaciais, uma vez que a variação sofrida nestas geram uma maior turbulência do fluido e a viscosidade cinemática. Quanto maior a viscosidade mais difícil de realizar o movimento.

No decorrer deste tópico 2.6, serão citadas as classificações que os escoamentos recebem em relação aos parâmetros que foram citados acima.

2.6.1 Escoamento em Regime Permanente e Não-Permanentes:

O escoamento em regime permanente ocorre quando se determina um volume de um fluido para ser observado em um período de tempo e, durante a observação, este não sofre alteração nas seções do escoamento, tornando a aceleração nula pois a movimentação é realizada com uma velocidade constante, logo as linhas de corrente e a trajetória coincidem. Para os escoamentos não-permanentes, quando são realizados os testes e observações que são feitas no regime permanente, ocorre uma variação no nível e, com isso, a velocidade se torna não constante, as coordenadas espaciais no decorrer do escoamento sofrem alteração e, assim, ocorre uma divergência entre as linhas de corrente e a trajetória.

2.6.2 Escoamento Uni, Bi e Tridimensionais:

Os escoamentos que ocorrem de forma natural são de grandeza tridimensional, sem exceção. Os escoamentos que podem ser definidos por completo apenas pelas linhas de corrente contidas em um plano são classificados como bidimensional, pois estes sofrem interferências apenas em duas dimensões, como exemplo temos o vertedor de uma barragem. Os escoamentos que podem ser definidos por completo por apenas uma coordenada são classificados como unidimensionais, logo as propriedades de cada seção do escoamento são constantes. (FOX & McDonald, 1998)

2.6.3 Escoamento Viscoso e Não-Viscoso:

A propriedade de viscosidade é a quantidade de resistência que um fluido possui ao realizar o escoamento. Esta resistência se dá tanto em objetos que se movem por meio deles como entre as camadas que os formam.

Considera-se um escoamento viscoso aquele em que o fluido possui uma resistência e esta é importante e não pode ser desprezada. A água e o ar são exemplos de fluidos viscosos. O escoamento não-viscoso é aquele em que a viscosidade não influencia podendo ser desprezada, estes podem ser mais

facilmente representados e criados para realização de experimentos em laboratórios. (FOX & McDonald, 1998)

2.6.4 Escoamento Laminar e Turbulento:

O escoamento laminar é aquele em que ao ocorrer o escoamento de dois fluidos de propriedades e características diferentes, de forma simultânea, mesmo assim, não ocorre a mistura significativa das partículas vizinhas destes. Estes escoariam por período de tempo relativamente longo, sem se misturarem e sem perderem suas identidades. Isso ocorre em razão das tensões de cisalhamento viscosas. Este tipo de classificação de escoamento é uma classificação particular dos escoamentos viscosos. (FOX & McDonald, 1998)

O escoamento turbulento é aquele em que o escoamento do fluido varia irregularmente sobre a quantidade, velocidade e pressão em relação ao tempo e ao espaço. (FOX & McDonald, 1998)

O comprimento, a velocidade e a viscosidade, parâmetros que foram citados no início deste item podem ser unificados visando realizar uma classificação por meio do número de Reynolds, o qual é adimensional. Este é calculado conforme a equação a seguir:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu} \quad (2.2)$$

Onde:

- v - velocidade média do fluido
- D – diâmetro do tubo ou comprimento do escoamento
- μ - viscosidade dinâmica do fluido
- ρ - massa específica do fluido

2.6.5 Escoamento de Fluidos Compressíveis e Incompressíveis:

Os escoamentos incompressíveis são aqueles em que a massa específica é considerada desprezível, logo este escoamento é chamado de incompressível. No caso particular do escoamento do gás, que é classificado como incompressível, é utilizado o número de Mach para, por meio deste, se determinar se o escoamento de um gás pode ser classificado como incompressível, isto é, se a variação desse número for de no máximo 3% ou o $M < 0,3$. Caso $M > 0,3$ ou maior que 30%, as variações da massa influenciam o escoamento e o efeito da compressibilidade deverá ser considerado, chamando assim de escoamentos compressíveis. Os escoamentos compressíveis são aqueles em que ocorre a variação da massa específica no decorrer do escoamento com a variação de pressão.

2.7 TEORIA DO SISTEMA MICROCONTROLADO

2.7.1 Microcontrolador

Microcontroladores são componentes eletrônicos programáveis com intuito de realizarem controle de periféricos, sensores, LCD, leds, resistências e outros. São compostos por memória de programas, dados, portas I/O, timers, contadores, comunicação serial, PWMs, conversores I/O além da Unidade Lógica Aritmética, ULA, aonde são processadas todas as operações matemáticas e lógicas. Seu encapsulamento é feito em um Circuito Integrado, os chamados CI. (Fábio Pereira, 2008)

Os microcontroladores são os componentes mais usados para realizar o controle de sinais, tendo em vista possuem todas estas características citadas acima. Por meio delas se sobressaem dos microprocessadores, pois estes possuem ULA de melhor capacidade. Entretanto, não possuem integrados a eles as funcionalidades do microcontrolador, além de serem de fácil utilização e aprendizado. (Fábio Pereira, 2008)

Na década de 80 começaram a ser fabricados os primeiros microcontroladores, nessa época o padrão utilizado para a fabricação era o da família do 8051, estes possuíam poucas quantidade de portas I/O e baixo processamento. Assim, era necessária a implantação de novas tecnologias em sua arquitetura devido ao avanço da tecnologia e a crescente utilização deste

componente. Atendendo a estas necessidades do mercado, foi lançado pela empresa Microchip os microcontroladores da família PIC, com um set de instrução reduzido, uma maior margem de frequência para trabalharem, mais portas I/O e estes são classificados em três grupos e diferenciam-se pela capacidade de armazenamento em cada localidade da memória.

2.7.2 Sistema Microcontrolado

Sistemas Microcontrolados estão sendo cada vez mais utilizados no dia a dia para realizar o controle de sistemas complexos, ou apenas a automação de situações. São de baixo custo, fácil utilização e tamanho pequeno, o que fez com eles ganhassem rápido e facilmente o mercado de automação.

O microcontrolador PIC é o responsável pelo gerenciamento das atividades e o processamento de dados que são gerados e o gerenciamento de sinais, enviando para um receptor ou transmissor.

CAPÍTULO 3 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DA MEDIÇÃO DE VAZÃO

3.1. CONCEITOS BÁSICOS DA MEDIÇÃO DE VAZÃO

A medição de vazão foi iniciada com Leonardo da Vinci quando este observou que no curso de um rio a quantidade de água por unidade de tempo era igual em qualquer parte de seu leito, independente da largura, profundidade, inclinação e outros fatores. Entretanto esta medição passou a ser utilizada na prática após a era industrial, por meio de Bernoulli, de Pitot e outros cientistas, os quais desenvolveram dispositivos para realizar esta medição. (Souza & Bortoni, 2006)

Atualmente, o medidor de vazão está presente em diversos locais industriais, residenciais ou automobilísticos. Em nossa casa está presente com o hidrômetro, nos veículos com o medidor de combustível e nas indústrias é de grande valor uma vez que muitos processos seriam impossíveis de ocorrer com segurança, eficiência e precisão se não fossem empregados esses medidores. (Souza & Bortoni, 2006)

Devido a esta gama de possibilidade de utilização dos medidores de vazão, existem, atualmente, diversos tipos. A escolha se dá pelo tipo de fluido que será medido, gás ou água, pela precisão que se quer obter, pela confiabilidade desejada, pela vazão que o sistema terá, a verba disponível para a construção do mesmo e a complexidade que terá este sistema. Os fatores citados dão credibilidade e confiança na hora de se realizar a medição.

No desenvolvimento deste projeto foi utilizado como medidor de vazão padrão o hidrômetro fluxométrico, cujos princípios de funcionamento serão detalhados no decorrer deste capítulo.

3.2 TIPOS DE MEDIDORES DE VAZÃO

Os instrumentos utilizados para a medição da vazão estão se tornando cada vez mais populares e presentes em nosso dia a dia. Atualmente no mercado existem diversas marcas, modelos, tipos diferentes de medições e cada um com diversas características técnicas.

Neste capítulo são citados os principais e mais utilizados meios de medição

de vazão e as diferenças de suas características, para que assim possa ser demonstrado o porquê da escolha para o desenvolvimento deste projeto de um medidor de vazão hidrômetro fluxométrico.

3.2.1 Placa de Orifício

O Método da Placa de Orifício é o mais utilizado para realizar a medição da vazão do fluxo em indústrias, de acordo com pesquisa realizada nas grandes empresas do ramo. Sua grande aceitação no mercado industrial é devido à facilidade de manuseio, baixo custo, ausência de partes móveis, robustez, baixa manutenção, diversidade de fluidos que pode ser utilizado, instrumentação externa, entre outras vantagens. Em contrapartida, a sua utilização provoca uma perda de carga no escoamento, apresenta uma faixa restrita de medição e um desgaste relevante na placa utilizada, que varia de acordo com o material que a placa é fabricada. A figura a seguir ilustra a instalação de uma placa de orifício com este propósito:(Souza & Bortoni, 2006)

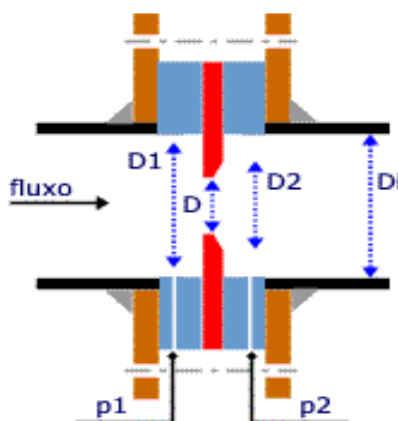


Figura 3.1 – Placa de Orifício

Fonte: http://www.mspc.eng.br/flde/c/fluid_0310.shtml

Sua estrutura, de acordo com a figura 3.1, pode ser descrita como uma placa transversal ao escoamento, de pequena espessura, com um orifício concêntrico. Este orifício deve possuir um diâmetro com tamanho entre 50% a 70% da tubulação utilizada no sistema, diminuindo assim as perdas excessivas e aumentando a precisão na medição. Esta placa possui uma variação na seção fazendo com que a velocidade aumente e a pressão reduza, formando após a variação da seção uma vena contracta e uma região de recirculação. Por meio desta redução de seção obtemos a vazão do fluido e a geração de uma grande

variação da área, fazendo com que ocorra uma grande turbulência e uma “perda de carga”, com isso, decorre uma menor precisão e confiabilidade para a medição da vazão.

3.2.2. Hidrômetro

O hidrômetro é um instrumento utilizado para realizar medição do volume de fluidos consumido, exclusivamente, no estado líquido, atualmente é utilizado por todas as empresas de saneamento básico para realizar a medição da água que é consumida pelos clientes. Por meio de seu uso, é feita a geração de um valor referente à vazão medida em um determinado período, o que ajuda a diminuir as perdas entre a produção e a distribuição da água e a conscientização dos consumidores quanto ao uso racional da água. O hidrometro pode realizar a verificação momentânea do consumo.

Existem diversos tipos de hidrômetros no mercado, diversificando a estrutura, a forma de medição e o tipo de líquido que está preparado para medir.

A bancada experimental desenvolvida para realizar os testes deste projeto disponibilizará um hidrômetro taquimétrico ou de velocidade, com os demais instrumentos, acessórios e sistemas necessários, entretanto, poderá ser adaptada para utilizar qualquer outro tipo de hidrômetro, já que o corte no fornecimento é realizado apenas pela da válvula solenóide. Assim, a gama de hidrômetros que podem ser utilizados não impedirá a operacionalização do projeto, por parte das concessionárias de água. Esta flexibilidade da bancada, pretende garantir uma amplificação da gama de aplicabilidade deste projeto na prática das empresas e indústrias interessadas. (Azevedo Neto, 2005)

3.3 TIPOS DE HIDRÔMETROS

3.3.1 Hidrômetro Residencial e Industrial

Os hidrômetros são fabricados levando em conta apenas os tipos de fluidos que passarão pelos mesmos e sobre os quais irão realizar a medição. A temperatura do fluido também influenciará a medição, tendo em vista que a composição de um hidrômetro que realiza a medição de água fria ou na

temperatura ambiente, não é a mesma do que realiza a medição da água em altas temperaturas. Portanto, um hidrômetro que realizar medida em um fluido quente tem sua estrutura interna diferente do que realizará a medida de um fluido frio. A utilização da turbina de plástico é substituída por turbinas de aço, uma vez estas possuem maior resistência em elevadas temperaturas. Todos os fluidos que estão em questão neste projeto se encontram no estado líquido.

Esta distinção que se faz de hidrômetros residenciais e industriais é apenas referente ao valor da vazão que será medida. Os hidrômetros residenciais são produzidos em grande escala porém possuem menor capacidade de vazão para realizar medição. Os industriais são aqueles hidrômetros produzidos em menor quantidade, com uso específico, uma vez que são destinados a locais com grande consumo do determinado fluido, já que estes possuem uma grande capacidade para realizar medição e de vazão. A seguir temos a ilustração do hidrômetro mais utilizado pelas concessionárias de água.



Figura 3.3 – Hidrômetro Residencial ou Industrial

Fonte: http://www.mspc.eng.br/flidetc/fluid_0310.shtml

3.3.2 Hidrômetro Taquimétrico ou de Velocidade

Este hidrômetro possui em seu interior uma hélice ou turbina, a qual é acionada pelo jato único ou por diversos jatos, quando o fluido passa por este hidrômetro. O fluxo de água ao passar no interior do hidrômetro, gera a rotação da hélice e, conseqüentemente, gira o totalizador, o qual realiza o acúmulo da quantidade de rotação da turbina e esta é tida como a medição da vazão. Com o resultado obtido realiza-se a contabilização desta quantidade em volume, metro cúbico ou litro do fluido consumido.

3.3.3 Hidrômetro Volumétrico

O fluido, neste tipo de hidrômetro, ao entrar fica armazenado em um êmbolo, o qual é o referencial para a medida da vazão neste medidor. Este êmbolo possui uma capacidade de armazenamento, conforme ele vai enchendo o mesmo vai realizando o movimento de girar em torno do próprio eixo, fazendo assim com que o totalizador seja acionado, registrando e totalizando o volume consumido. Este êmbolo realiza o transporte do volume de fluido presente na entrada do medidor para a saída utilizando o princípio da diferença de pressão, explicado no capítulo anterior. Nesse caso específico, a entrada possui uma pressão maior que a saída, fazendo com que o fluido movimente-se.

3.3.4 Hidrômetro Monojato

Seu funcionamento é igual ao do hidrômetro taquimétrico o qual foi explicado anteriormente, entretanto possui uma característica particular, o acionamento da turbina se dá por um único jato. Dessa forma, pode-se considerar este um caso particular do hidrômetro taquimétrico.

3.3.5 Hidrômetro Multijato

O acionamento da turbina ocorre por meio da incidência de vários jatos agindo tangencialmente na turbina produzindo dessa forma, uma força no sentido AB e outra no sentido BA, tendo em vista estas forças agirem no sentido contrário uma da outra.

O sentido AB e BA, que é citado anteriormente, representa o sentido que o fluido passa no interior do hidrômetro. O “A” representa a entrada de água no hidrômetro e o “B” representa a de saída da água.

3.3.6 Hidrômetro Úmido e Seco

Atendendo às características do sistema que se quer obter a vazão, atualmente também existem no mercado dois tipos de hidrômetros, o hidrômetro úmido e o seco.

Em um sistema em que é necessário fazer o controle da vazão, este controle só é possível de ser realizado por meio da submersão do medidor, sendo

necessário a utilização de um medidor especial. Atendendo a estas características de medição, é necessário que seja feita uma proteção adicional na fabricação deste medidor. Nesse caso, tanto a turbina, quanto o conjunto de engrenagem e os totalizadores ou relojoaria ficarão submersos ao líquido que se deseja realizar a medição da vazão. Estes tipos de medidores são conhecidos como os hidrômetros úmidos.

No caso dos hidrômetros secos, que são utilizados nas residências, por exemplo, em sua estrutura tem uma placa que faz a separação da parte molhada, a turbina por onde o fluido passa para fazer a medição, da parte seca, que realiza a contagem.

Independente de ser úmido ou seco seu funcionamento pode ser igual a qualquer um dos hidrômetros citados neste capítulo, mecânico, magnético, entre outros. Estes recebem esta classificação apenas por possuírem uma particularidade quanto sua estrutura interna e externa, a qual possibilita uma mudança na localização do mesmo na hora da instalação no sistema de medição.

3.3.7 Hidrômetro Mecânico

O hidrômetro mecânico, possui em sua estrutura um eixo que atravessa a placa separadora e é responsável pela transmissão mecânica do movimento da turbina para os totalizadores, possibilitando assim a contabilização da vazão.

3.3.8 Hidrômetro Magnético

O hidrômetro magnético, tem sua estrutura mais complexa que o mecânico uma vez que possui um par de ímãs posicionados um acima e outro abaixo da placa separadora, os quais são os responsáveis pela transmissão do movimento da turbina para o totalizador. Esta transmissão ocorre ao se colocar um ímã propulsor na ponta do eixo da turbina e o outro ímã alojado próximo à placa separadora. Dessa forma, quando o sistema entra em movimento rotacional, os ímãs ficam se encontrando e se afastando, gerando assim um campo magnético nos encontros, os quais produzem a movimentação dos totalizadores.

3.4 PESQUISA DE CAMPO

De acordo com o que foi exposto no Capítulo 1, este projeto tem o apoio da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB), este apoio deu-se com a sugestão de automação, empréstimo de um hidrômetro para a montagem da bancada de teste e, por intermédio da sua engenharia, foi possível acessar as várias maneiras de medição de vazão que estão sendo utilizados no mercado. O hidrômetro continua sendo o medidor de vazão padrão em todos os casos, entretanto, a tecnologia está cada vez mais associada a este de forma a agilizar o serviço, reduzir os desperdícios, minimizar e substituir, num futuro próximo, a necessidade do homem para realizar, por exemplo, a leitura da vazão consumida.

Um dos projetos que está em desenvolvimento na CAESB é o de telemetria, onde os cem maiores consumidores de água receberam desta Companhia um aparelho que será responsável pelo controle, processamento e envio da informação, referente ao consumo mensal de água.

Trata-se de um projeto pioneiro e está começando a ser implementado, uma vez que, por meio deste, o controle sobre vazamentos e desperdícios de água será mais fácil de ser feito pelo consumidor. Por se tratar de consumidores de alto nível será de grande valia a sua utilização, gerando com isto uma economia e uma melhor utilização da água. Neste tipo de sistema a leitura dos hidrômetros é feita de forma remota e on-line, entretanto é imprescindível a utilização dos hidrômetros os quais realizam a medição. O valor medido é enviado para um aparelho o qual fará a conversão deste dado para um sinal que é enviado via telefonia celular para uma central remota, localizada a quilômetros de distância do local de medição.

Nesta central processa-se este sinal que é disponibilizado para o consumidor, por meio de um site, os valores e a quantidade de água consumida de forma on-line

Já a empresa CAS Tecnologia, que utiliza telemetria, sediada na cidade de São Paulo, desenvolveu um sistema de telemetria o qual aproveita o pulso que é transmitido pelo hidrômetro magnético para um centralizador que recebe o sinal de até dois hidrômetros. Simultaneamente, este sinal é enviado para uma central a qual realiza a junção de todos esses pulsos. Depois de centralizados e unificados os sinais são enviados para uma central lógica a qual realiza o

processamento do pulso e envia via telefonia celular também para o servidor, que está distante do local da medição, o qual é responsável pela disponibilização dos dados para o cliente final. No local onde se realiza a medição existe um centralizador com display onde é acoplado um equipamento de informática para realizar uma possível manutenção ou verificação da integridade do mesmo e, também por meio deste, são detectados possíveis erros nos centralizadores de hidrômetros que estão presentes nos andares, onde são realizadas as medições. A figura 3.4 ilustra uma das arquiteturas desenvolvidas por esta empresa.

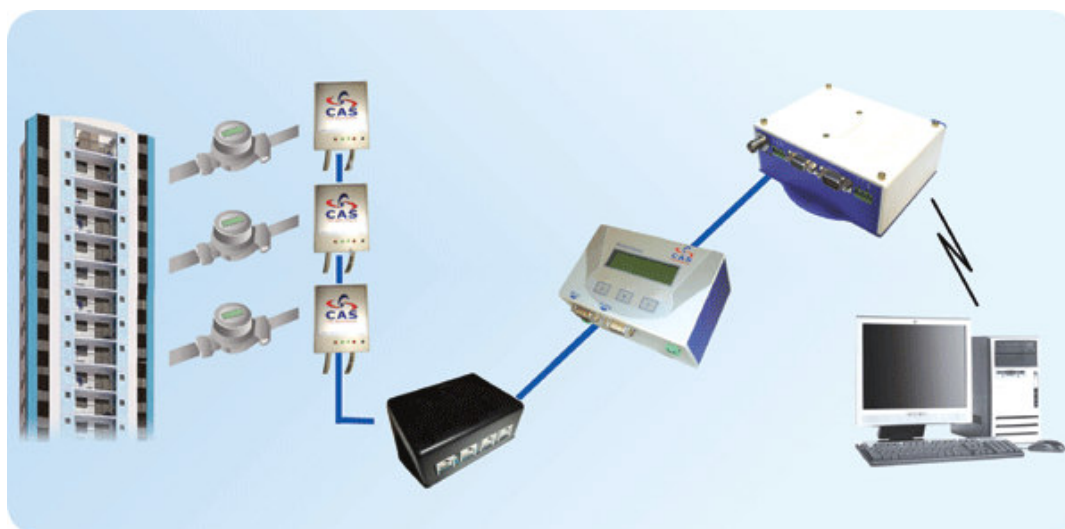


Figura 3.4 – Arquitetura do RS2000 e-Control MI SUM

Fonte: http://www.cas-tecnologia.com.br/Port/PW_imagens/gif/Arquiteturas/arquitetura-MI-sum.gif

Como mostrado na figura 3.4, a tecnologia está começando a ser utilizada juntamente com o hidrômetro, porém estes continuam sendo o medidor de vazão padrão e os mais utilizados. A tecnologia é utilizada apenas para tratar, somar e enviar o sinal que o hidrômetro gera durante a sua medição, seja este sinal, magnético ou mecânico.

O projeto de sistema microcontrolado para o corte no fornecimento de água por meio remoto que está sendo desenvolvido nesta monografia vem com intuito de utilizar a tecnologia de outra maneira, não apenas como a utilizada hoje em dia que é, basicamente, para controle, mas sim para realizar uma ação que será executada por intermédio da válvula solenóide deste sistema. Nos próximos capítulos, será detalhado tal procedimento.

CAPÍTULO 4 – CARACTERIZAÇÃO DOS COMPONENTES DO PROJETO

Como já citado, este projeto tem como principal objetivo, o desenvolvimento de uma bancada experimental em modelo com escala reduzida, com um sistema microcontrolado e demais instrumentos e dispositivos que permitirão simular o corte remoto do abastecimento de água ou de outro fluido e disponibilizar um relatório contendo o embasamento teórico e técnico sobre mecânica dos fluidos, medição de vazão e sistema microcontrolado. Durante o estudo e a pesquisa para o desenvolvimento do projeto, a maior preocupação foi encontrar componentes para compor a solução com uma estrutura simples, de baixo custo, de fácil manuseio, instalação e manutenção para o desenvolvimento da bancada experimental simuladora.

O projeto caracteriza-se por interagir diversas áreas do curso de engenharia da computação, como mecânica dos fluídos, física, microcontroladores, programação, entre outras matérias. Assim sendo, atende o pré-requisito na escolha de um tema de projeto final, a interdisciplinaridade.

No decorrer deste capítulo realiza-se uma descrição das características de todos os componentes utilizados no desenvolvimento do aparato experimental e explicando o porquê da utilização de cada um deles, tendo em vista a diversidade de componentes existentes hoje no mercado, e por possuírem características e funcionalidade muito semelhantes um do outro. A principal característica utilizada para a escolha dos componentes foi a otimização do custo, vida útil, a exatidão que os mesmos proporcionam e a qualidade dos mesmos.

4.1. CARACTERÍSTICAS DOS COMPONENTES DA BANCADA EXPERIMENTAL

4.1.1 Microcontrolador

Para o desenvolvimento deste projeto foi escolhido o microcontrolador modelo PIC (controlador integrado de periféricos) para ser utilizado, uma vez que este contém em sua composição todos os circuitos necessários para se desenvolver um sistema digital programável de forma completa. O PIC caracteriza-se por possuir uma arquitetura Risc (computador com set de

instruções reduzido), arquitetura de computadores esta que possui os conjuntos de instruções pequenos e simples, permitindo assim uma maior agilidade na hora da execução das tarefas. Pode com isso, funcionar com frequência máxima do clock de até 40 MHz, além de ter endereço direto ou indireto de memória e de arquivos de registro. Possui também memória RAM compartilhada entre os registradores, memória ROM já programada de fábrica, OTP dispositivo que utiliza a PROM para armazenagem do programa, EPROM memória que pode ser apagada e reescrita. Para a deleção é utilizada uma luz ultravioleta incidente na mesma e a flash, memória que pode ser apagada e reescrita quantas vezes forem necessárias de acordo com a necessidade do programador.

Dentre os microcontroladores PIC pesquisados e estudados foi selecionada a família do 16F tendo em vista que este possui fácil manuseio, pois tem poucas instruções e possui um preço acessível. E em particular, o microcontrolador adquirido para o desenvolvimento foi o PIC 16F28a, que se caracteriza por ser rápido no processamento, compacto, versátil, de fácil aprendizado e seu kit para o desenvolvimento ser o de melhor custo-benefício encontrado no mercado. Além do PIC 16f628 apresenta algumas particularidades características de sua parte física, apresentadas na tabela a seguir:

➤ 16 pinos de I/O
➤ Frequência de até 20 MHz
➤ Oscilador Interno de 4 MHz
➤ 2Kx14 bits de memória FLASH de programa
➤ 224x8 bits de memória RAM para dados
➤ 128x8 bits de memória EEPROM interna
➤ Modulo TIMER 0 (de 8 bits)
➤ Modulo TIMER 1 (de 16 bits)
➤ Modulo TIMER 2 (8 bits)
➤ Modulo CCP (Captura, comparação e PWM)
➤ Modulo de referencia de tensão (16 passos)
➤ Dois comparadores analógicos com referencia interna programável de tensão
➤ Um canal de comunicação serial – USART
➤ Um watchdog timer
➤ Capacidade de corrente 25 mA por pino de I/O
➤ 35 instruções
➤ Dez fontes de interrupções independentes
➤ Funcionamento Sleep
➤ Tensão operacional de 3 a 5v

Tabela 4.1 – Estrutura do PIC 16F628

Fonte: <http://www.datasheetcatalog.org/datasheet/microchip/40044b.pdf>

A pinagem é outra característica particular desse PIC. Ela é mostrada a seguir juntamente com a descrição da funcionalidade de cada um dos pinos que este microcontrolador possui.

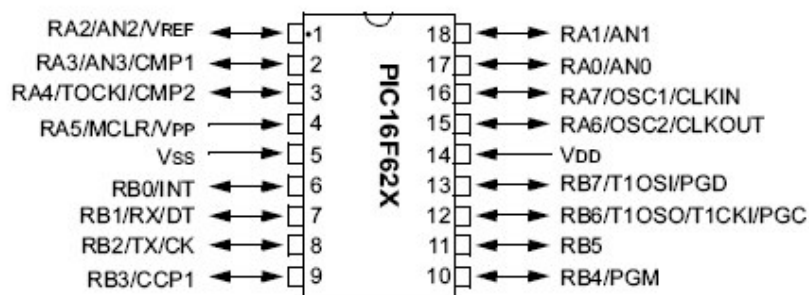


Figura 4.1 – Estrutura do PIC 16F628

Fonte: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044b.pdf>

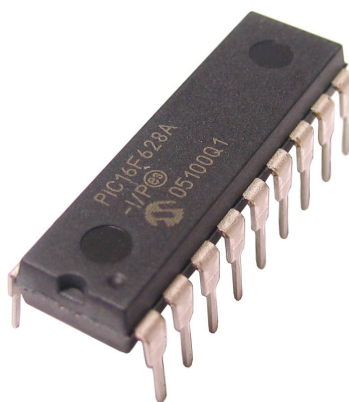


Figura 4.2 – Imagem de um PIC 16F628

Fonte: <http://www.engcomper.com.br/imagens/pic16f628a.jpg>

Pino	Função	Tipo	Descrição
1	RA2 AN2 Vref	Entrada/Saída	Porta A bit 2 / Entrada comparador analógico / Saída da referência de tensão
2	RA3 AN3 CMP1	Entrada/Saída	Porta A bit 3 / Entrada comparador analógico / Saída comparador 1
3	RA4 T0CKI CMP2	Entrada/Saída	Porta A bit 4 / Entrada de clock externo do timer 0 / Saída comparador 2
4	RA5 MCLR THV	Entrada	Porta A bit 5 / Reset CPU / Tensão de programação
5	Vss	Alimentação	Terra
6	RB0 INT	Entrada/Saída	Porta B bit 0 / Entrada interrupção externa
7	RB1 RX DT	Entrada/Saída	Porta B bit 1 / Recepção USART (modo assíncrono) / Dados (modo síncrono)
8	RB2 TX CK	Entrada/Saída	Porta B bit 2 / Transmissão USART (modo assíncrono) / Clock (modo síncrono)
9	RB3 CCP1	Entrada/Saída	Porta B bit 3 / Entrada/saída do módulo CCP
10	RB4 PGM	Entrada/Saída	Porta B bit 4 / Entrada de programação LVP
11	RB5	Entrada/Saída	Porta B bit 5
12	RB6 T1OSO T1CK1	Entrada/Saída	Porta B bit 6 / Saída oscilador TRM1 / Entrada Clock TMR1
13	RB7 T1OSI	Entrada/Saída	Porta B bit 7 Entrada oscilador TRM1
14	Vdd	Alimentação	Alimentação positiva
15	RA6 OSC2 CLKOUT	Entrada/Saída	Porta A bit 6 / Entrada para cristal oscilador / Saída de clock
16	RA7 OSC1 CLKIN	Entrada/Saída	Porta A bit 7 / Entrada para cristal oscilador / Saída de clock externo
17	RA0 AN0	Entrada/Saída	Porta A bit 0 / Entrada comparador analógico
18	RA1 AN1	Entrada/Saída	Porta A bit 1 / Entradacomparador analógico

Tabela 4.2- Pinos do PIC 16F628

Fonte: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40044b.pdf>

4.1.2 Bomba

A bomba é uma máquina hidráulica que é utilizada para promover a movimentação de um fluido qualquer de um local de menor pressão para outro de maior pressão, promovendo assim a manutenção do fluxo ou o abastecimento de locais onde o fluido não consegue chegar apenas pela força da gravidade. Esta exerce o trabalho utilizando motor elétrico, de explosão, turbina a vapor, energia eólica, energia hídrica ou, até mesmo, pode ser operada manualmente.

Durante a construção da parte física constatou-se a necessidade da manutenção do fluxo contínuo da água no sistema, para isso foi necessário a colocação de uma bomba no projeto. O sistema é simples, pequeno e de pouca vazão tendo sido construído apenas para realizar as demonstrações experimentais e a bomba será utilizada apenas para manter constante o fluxo da entrada de 5 litros de água durante o funcionamento da bancada, tornando, desta forma, mais real a demonstração. Foi pesquisado no mercado e a bomba para utilização residencial com menor potência encontrada no mercado foi com vazão de 2000 l/min, que é muito grande para o propósito. Logo se viu a necessidade de adaptação de outro tipo de bomba com uma potência menor e que atendesse estas necessidades. Foram verificados bombas de aquários, entretanto foi encontrado problema com relação à bitola da saída da mesma.

Ampliouse então a área de estudo e pesquisa no mercado, passando assim para as bombas de combustível automobilísticas. Estas possuem uma vazão razoável e uma bitola de saída possível de ser adaptada para as necessidades do sistema de teste deste projeto. Atendendo às necessidades e fazendo com que o sistema fique com fluxo constante de água, foi adicionada uma bomba elétrica automobilística da marca Bosch, modelo 908.

Esta bomba foi escolhida por possuir baixo ruído, alto isolamento contra as interferências, alta durabilidade, uma garantia de fluxo constante e de funcionamento no caso de elevação da temperatura do fluido. Seu funcionamento é submerso, uma vez que fica dentro do tanque de combustível do carro, e quando ligada a chave é acionada para que envie o combustível para o motor, possibilitando assim que possa ser dada a partida no carro. É alimentada por uma tensão de 12 volts, possui um consumo de 30 ampéres, com uma potência de 360 W, sua vazão é de 2,385 litros por minutos e é utilizada nos automóveis com sistema de injeção eletrônica. Por se tratar de uma bomba elétrica automotiva, esta necessita de uma fonte externa de 12 Volts DC de 30 ampéres. O custo

dessa fonte no mercado é relativamente alto, em pesquisa no mercado a mais barato encontrada foi de R\$ 680,00, sendo então utilizada por uma bateria de carro. A utilização da bateria substitui a fonte e permitiu o seu perfeito funcionamento do aparato experimental.



Figura 4.3– Bomba elétrica automotiva de combustível

Fonte: http://www.bosch.com.br/Imprensa/Shared/Documents/Images/Area_18/EA00625.jpg

4.1.3 Válvula Solenóide

A válvula solenóide é um dispositivo mecânico que permite a interrupção da circulação de um fluxo de fluído através de um solenóide. O solenóide é o componente responsável por mover um núcleo de ferro que é ligado por um fio ao centro da bobina. Esta movimentação do núcleo de ferro se dá por meio da passagem de corrente elétrica proveniente da bobina por esse fio, a qual gera um campo eletromagnético na bobina fazendo com que este núcleo abra ou feche o fluxo do fluido, por intermédio de uma válvula. O espaço existente entre o tubo, por onde este núcleo se movimenta, e o núcleo do solenóide é mínimo, logo a presença de qualquer objeto estranho entre eles pode ocasionar o travamento no funcionamento ou o impedimento da movimentação do núcleo. Sua atuação é similar a de um relé, diferenciado apenas na composição, pois este utiliza um eletroímã com núcleo fixo de ferro. Os solenóides necessitam de uma tensão de 12 e 24 Volts, seu controle é realizado via pressão hidráulica, pneumática ou através da eletricidade.

Além da bobina solenóide, a válvula possui um corpo. Este é composto por um vão central onde ocorre a passagem ou não do fluído, uma vez que o núcleo do solenóide é acionado ou não pela força eletromagnética que se forma ao redor da bobina.

A atuação da válvula pode ser direta, onde é necessário que se tenha baixa capacidade do fluxo e o vão central seja pequeno para a passagem do mesmo. Chama-se de atuação direta por esta realizar por meio da variação da corrente na bobina, o corte no fluxo do fluido. A de ação indireta ou operadas por piloto, é aquela que é utilizada em válvulas de grande porte o que torna inviável a utilização de uma bobina e de um núcleo de grande porte. Para que a válvula de ação indireta funcione é necessário que se tenha um diferencial mínimo de pressão entre a entrada e a saída.

O projeto possui uma válvula solenóide da marca Hunter, com o vão central de uma polegada, que atua em ação direta, uma vez ser um projeto com a vazão pequena. Para que esta tenha o funcionamento conforme o desejado, é necessário alimentá-la com uma tensão de 24 Volts AC.

O corte no fluxo via microcontrolador se dará na válvula, uma vez que o microcontrolador é programado para receber o sinal RF e realizar o corte na alimentação desta. Ao realizar o corte no fornecimento de energia da válvula, automaticamente, o campo magnético formado se anula fazendo com que o núcleo do solenóide impeça a passagem do fluido, fechando assim o fluxo. Quando é normalizado o fornecimento de energia, o campo magnético é formado novamente e este núcleo sobe, abrindo assim a passagem do fluido. O funcionamento da válvula e atuação deste campo magnético pode ser observado com a figura 4.4.

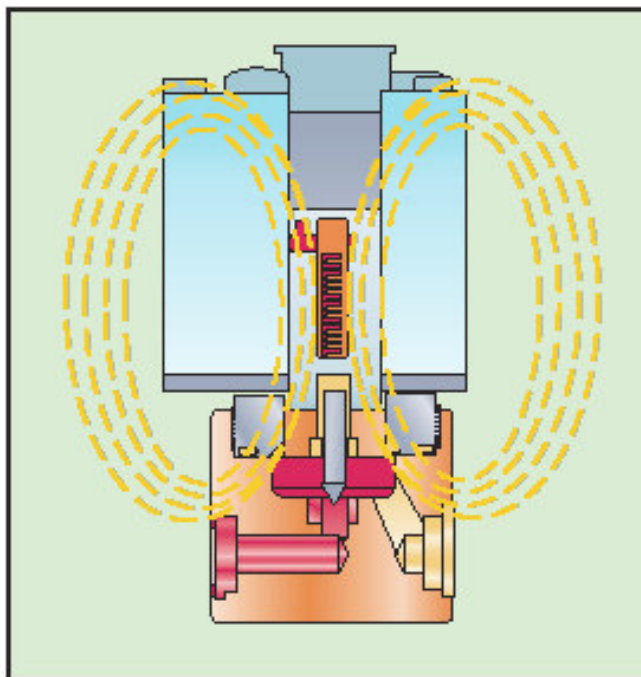


Figura 4.4– Funcionamento da Válvula Solenóide e ilustração do campo magnético

Fonte: <http://www.emersonflowcontrols.com.br/telas2/pagina.asp?id=3&sub=5&aa=155.jpg>

4.1.4 Emissor e Receptor RF

Emissor RF é o dispositivo que produz e irradia as ondas eletromagnéticas de rádio. O receptor RF é o dispositivo que recebe as ondas eletromagnéticas, processa e envia um sinal para que um controlador o execute. RF (radio frequency) significa que este tipo de emissor e receptor envia e recebe os comandos e os sinais por meio de uma frequência de rádio.

No projeto é utilizado o emissor RF TXC1, que se caracteriza por possuir um design específico para a utilização de controle remoto, mouse sem fio ou alarme de carro que opera na frequência de 315 até 433.2 MHz. Seu tamanho é aproximadamente o de um selo postal, este pode operar em uma faixa de 1,5 Volts DC até 12 Volts DC e é muito utilizado em aplicações que exijam um curto alcance para os controles. O referido emissor possui algumas características técnicas, que são apresentadas na tabela a seguir:

Parâmetros	Símbolos	Condições		Valor			Unid
				min	Typ	max	
Potência de saída		Vcc=3.0V, TA=27°C, 50Ω load	315MHz		3		dBm
			433.92MHz		3		dBm
Corrente	Icc				10		mA
Tensão de alimentação	Vcc				3		V
Taxa de dados				300		10K	bps

Tabela 4.2– Características do Emissor

Fonte: <http://www.tato.ind.br/files/TX-C1.pdf>

Este emissor, em particular, possui 5 pinos em sua estrutura para realizar o contato com o kit de desenvolvimento ou com um protoboard, os quais possuem uma função e uma propriedade distinta. O Pino 1 (GND) é a porta que é ligada junto ao aterramento do sistema, o Pino 2 (Data Input) é a porta que é ligada para a entrada de dados emitidos, o Pino 3 (Vcc) é aonde o mesmo recebe a tensão de alimentação da placa para que a mesma funcione corretamente e o Pino 4 (RF Output) é o Pino por onde serão emitidos os sinais RF. A figura 4.5 ilustra o módulo emissor e identifica cada um de seus pinos conectores.

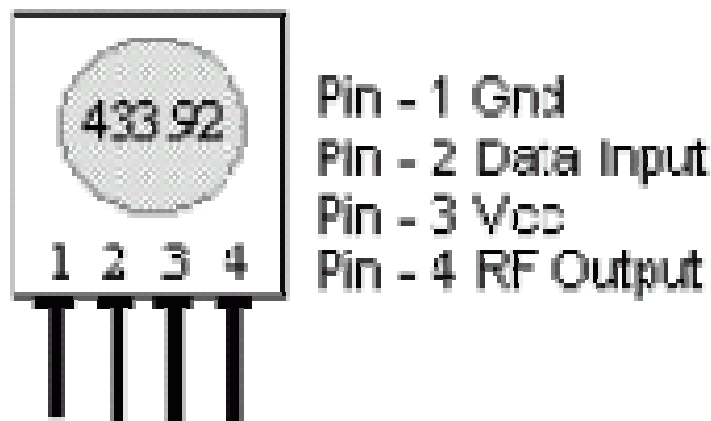


Figura 4.5– Pinagem do Diagrama do Emissor

Fonte: <http://www.tato.ind.br/files/TX-C1.pdf>

O emissor RF TCX1 é responsável no projeto por enviar o sinal informando a respeito da confirmação do corte no fluxo, e encaminhar este sinal de confirmação para o controle uma vez que assim será constatado o corte do fluxo.

No projeto é utilizado o receptor RF RxD1 que funciona como um módulo receptor em miniatura devido ao seu tamanho, trabalha na frequência de 315 até

434 MHz, recebe sinal de liga ou desliga desmodulado e modulariza para o decodificador da próxima fase, digitaliza o sinal resposta para que este seja encaminhado para o microcontrolador. É simples de usar com uma baixa quantidade de componentes externos. Ele trabalha com uma tensão de 5 volts. Por ter uma variação boa da frequência pode ser utilizado em diversos sistemas pequenos que necessitem de uma recepção de sinal, processamento e envio desse sinal para um controlador ou para um processador de forma a realizar algum procedimento pré-programado. Este receptor possui as seguintes características, de acordo com a tabela a seguir:

Parâmetros	Símbolos	Condições		Valor			Unid
				min	Typ	Max	
Sensitivity	Psens	Vcc=5.0V, AT25 •, BER=3/100, 2Kbps	315 MHz		-105	-103	dBm
			434 MHz		-104	-102	dBm
ASKOUT logic HIGH	VOH	Iload = 10uA		0.7*Vcc			V
ASKOUT logic LOW	VOL	Iload = 10uA				0.3*Vcc	V
Supply current	Icc				3.3	3.6	mA
Supply voltage Range	Vcc			+4.75	+5	+5.25	V
Data Rate				200	2K	6K	bps
RF Bandwidth-3dB					4M		Hz

Tabela 4.4 – Características do Receptor

Fonte: <http://www.tato.ind.br/files/RxD1.pdf>

O receptor possui uma pinagem assim especificada: os Pinos 1, 6 e 7 são ligados ao terra, os Pinos 2 e 3 são ligados os dados, os Pinos 4 e 5 são ligados à tensão de alimentação e o Pino 8 é ligado a antena que envia o sinal. A figura a seguir ilustra a pinagem deste receptor.

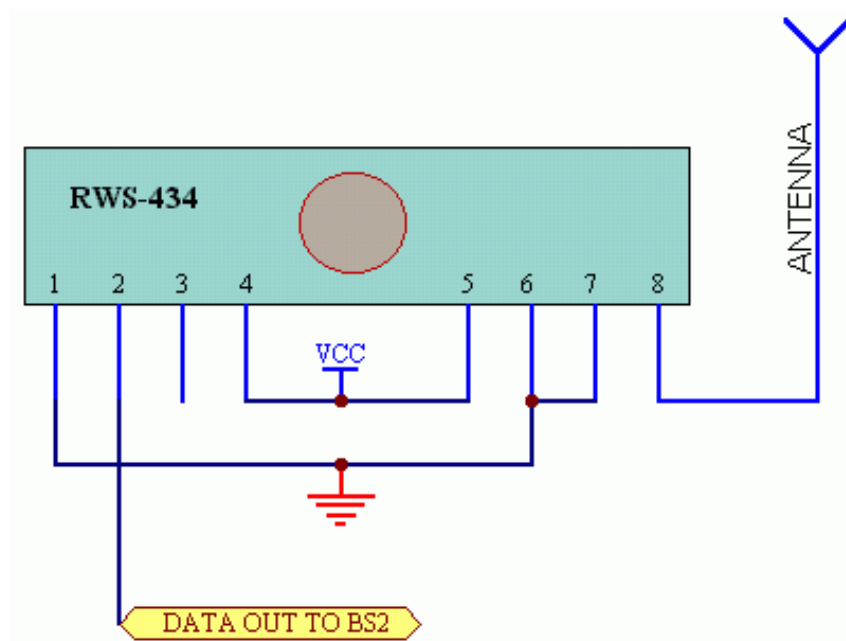


Figura 4.6– Pinagem do Emissor

Fonte: http://www.rentron.com/Stamp_RF.htm

4.2 CUSTO DA BANCADA

O custo dos principais componentes da bancada experimental, encontram-se na tabela a seguir. Estes custos foram obtidos em pesquisas realizadas no mercado, em lojas do ramo e na internet.

DESCRIÇÃO	CUSTO UNITÁRIO R\$
Válvula solenóide	70,00
Bomba automotiva	60,00
Hidrômetro	110,00
Kit desenvolvimento pic	320,00
Pic 16f628a	13,00
Modulo emissor e receptor	45,00
TOTAL	618,00

Tabela 4.5 – Custo dos Principais Componentes do Aparato Experimental

Fonte: O Autor

CAPÍTULO 5 – DETALHAMENTO DA BANCADA, FERRAMENTAS E METODOLOGIA PARA OS TESTES

Este projeto é composto por dois módulos, o módulo operador, e o módulo operacional. O módulo operacional que ficará de posse do operador do sistema, constituído de um microcontrolador PIC 16F628A, um emissor RF, TX-C1, conectados, um microcontrolador e um receptor RF, RxD1. O outro módulo é o módulo operacional composto também por um PIC 16F628A e um receptor RF, RxD1, e um PIC 16F628A e um emissor RF, TX-C1.

A bancada que foi construída para realizar a demonstração de forma mais realista possível possui um kit de desenvolvimento do microcontrolador PIC modelo 16F628A, 2 receptores, 2 emissores, uma bomba elétrica de combustível, uma válvula solenóide, um galão de 5 litros de água e um hidrômetro. Esta bancada de ensaios foi desenvolvida especificamente para a realização deste projeto.

5.1. DETALHAMENTO DA BANCADA

5.1.1 Bancada de Testes

A bancada de testes foi construída em uma escala de modelo menor de forma a demonstrar e realizar os testes do projeto que está sendo desenvolvido nessa monografia. Essa é composta em sua parte física de um reservatório transparente de água com volume de 5 litros, que simula a entrada de água proveniente das concessionárias, uma bomba elétrica automotiva submersível localizada no interior deste galão que realizará o bombeamento da água para manter o fluxo da água da entrada de maneira contínua, sendo assim possível realizar uma demonstração mais realística do funcionamento do corte remoto do fornecimento de água. Também compõe o aparato de ensaio, uma válvula solenóide que será ligada ao microcontrolador, a qual será o componente responsável diretamente pelo corte remoto do fornecimento de água, um hidrômetro que fará a medição do volume de água durante a realização dos testes. Esta ao passar pelo hidrômetro retornará ao reservatório por intermédio de

uma mangueira transparente, com diâmetro de 100 mm, completando o circuito de água deste banco de ensaio. O microcontrolador estará ligado ao seu kit de desenvolvimento, juntamente com o emissor e o receptor RF, de forma que o operador terá um controle remoto RF.

A alimentação do sistema é realizada pelo reservatório de 5 litros de água, sendo que a bomba é o componente responsável pela manutenção do escoamento do sistema, sendo que no início dos testes a válvula solenóide encontrar-se-á com o seu dispositivo de controle do fluxo aberto. Este fluxo passa pelo hidrômetro que mede o volume de água e é conduzido novamente para dentro do galão de água, realimentando assim o sistema. O corte no fluxo através do acionamento do controle remoto RF pode ocorrer em qualquer instante, desde que o mesmo seja acionado enviando um sinal para o receptor o que interpreta e envia-o para o microcontrolador. Este por sua vez verificará a condição da porta em que está ligada a válvula solenóide no microcontrolador, caso esta estiver aberta, o sinal será interpretado como corte do fluxo e caso esta esteja fechada o sinal será interpretado como abertura no fluxo.

Esta bancada foi desenvolvida com intuito apenas de simular e demonstrar o funcionamento do corte no fornecimento de água, atendendo assim os objetivos citados. O corte no fornecimento pode gerar problema na bomba de água, na válvula solenóide e no hidrômetro o que não está sendo tratado e nem mesmo serão verificados ou levados em consideração.



Figura 5.1– Iniciando a montagem da Bancada de Testes

Fonte: O Autor

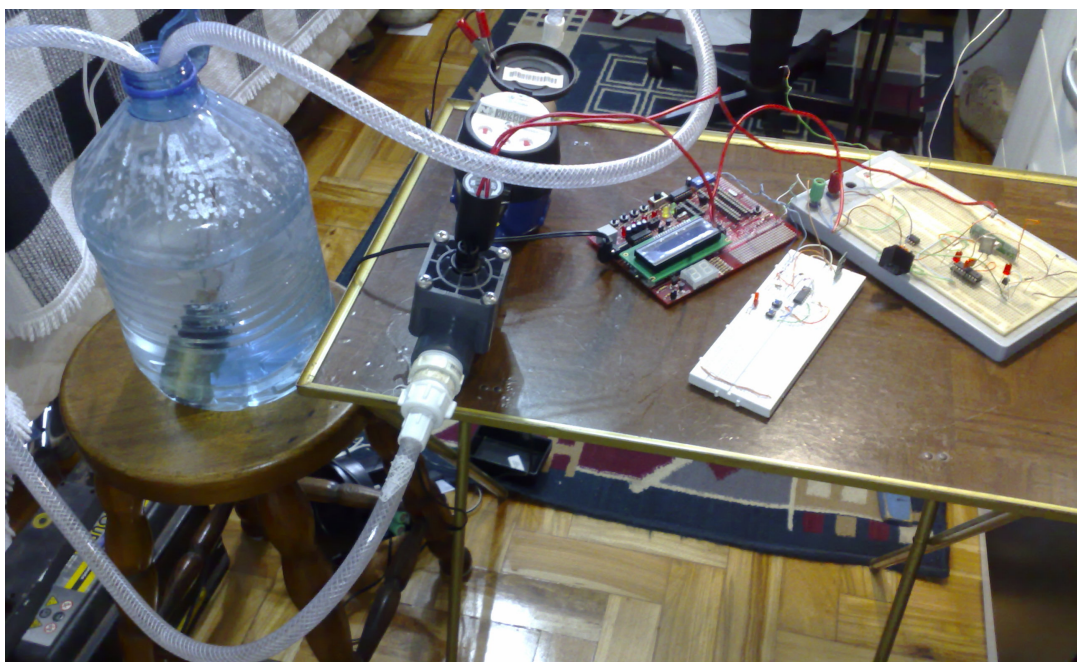


Figura 5.2– Visão lateral da Bancada em testes

Fonte: O Autor

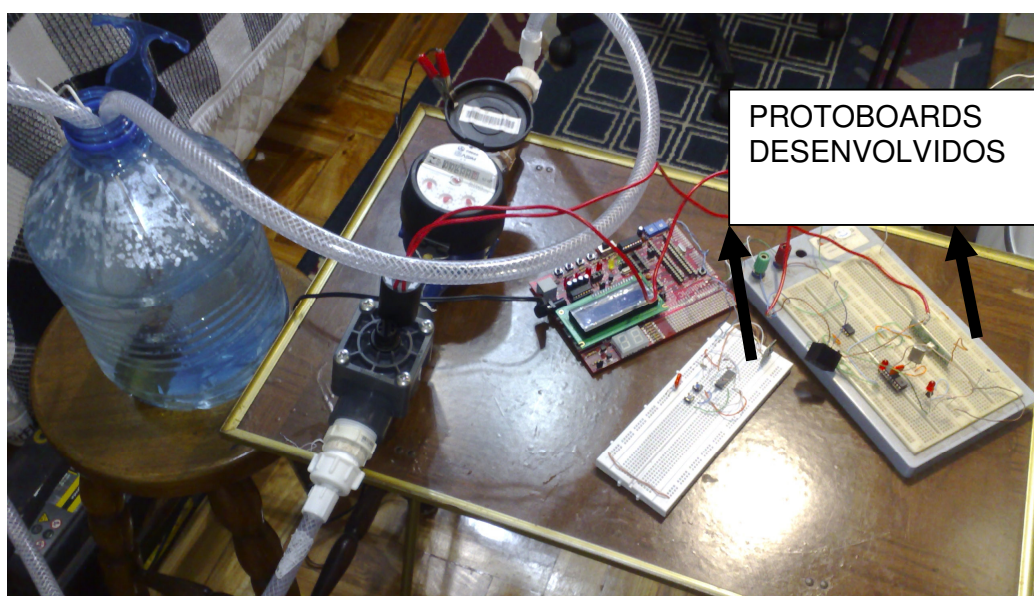


Figura 5.3– Visão superior da Bancada em testes

Fonte: O Autor

5.1.2 Ferramentas Utilizadas

Para o desenvolvimento da programação e a sua gravação no microcontrolador PIC 16F628A, foi utilizado o IC-Prog 1.06A. Foi escolhido dentre diversos programas, por ser de utilização amigável e free para download e instalação. Este programa é o programa padrão do kit de desenvolvimento adquirido, entretanto foram testados outros programas como o MPLAB e verificado que o IC-Prog é de melhor acessibilidade e possui um manuseio mais fácil. Na figura 5.1 a seguir, é mostrada a tela com o código fonte na mesma, pronto para ser gravado no microcontrolador. A linguagem que é utilizada para realizar a programação do microcontrolador PIC, é a linguagem assembler.

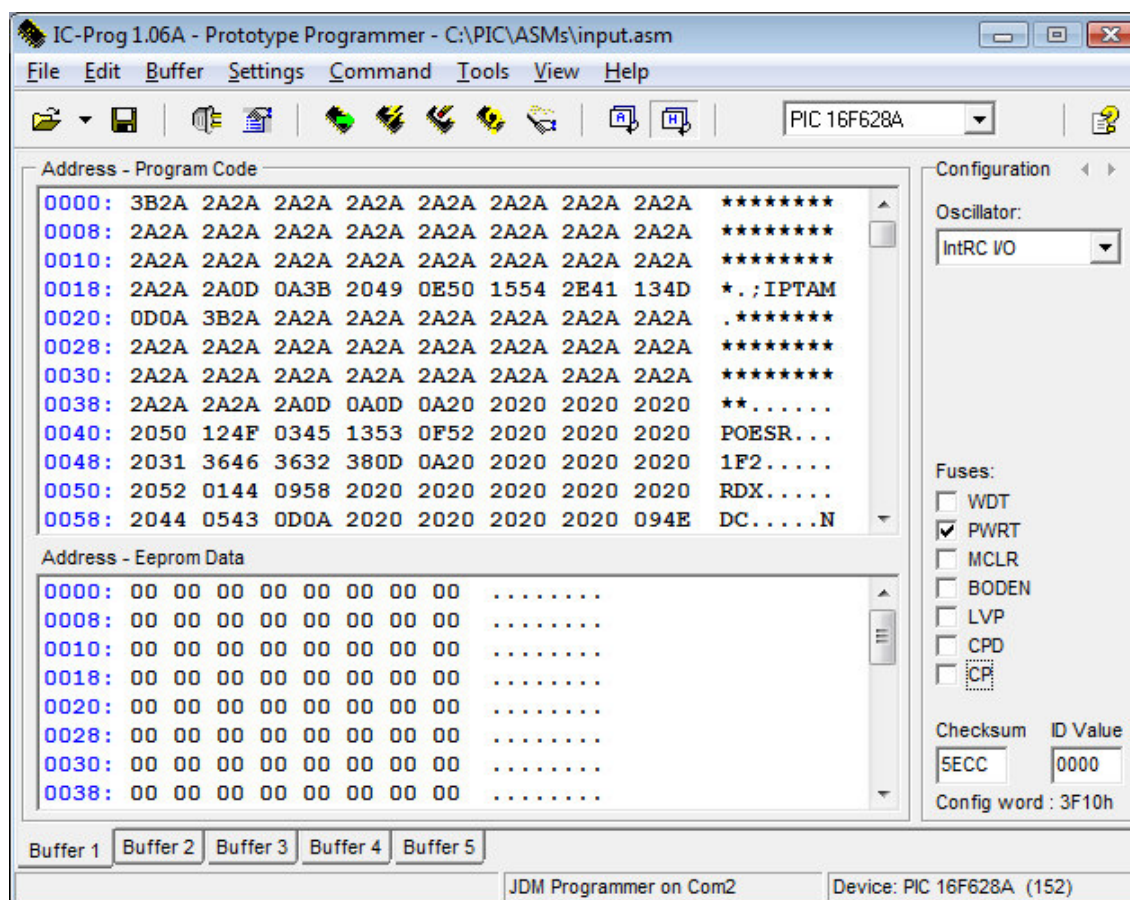


Figura 5.4— Tela do IC-Prog 1.06

Fonte: O Autor

5.1.3 Metodologia dos Testes

Para iniciar os testes, será colocado o sistema para operar partindo a bomba, com a válvula solenóide na posição aberta. Para estabilização do fluxo, o sistema continuará operando sem interferências externas por 5 minutos e, neste período, serão observados os seguintes parâmetros: o funcionamento correto da bomba e sua vazão, por meio da manutenção contínua do fluxo de água, a medição do volume de água pelo hidrômetro e o funcionamento da válvula solenóide. Decorridos estes 5 minutos será acionado o controle RF, realizando assim o corte no fluxo da válvula solenóide. Por se tratar apenas de uma demonstração de funcionamento da bancada este corte será de 1 minuto, uma vez que, a bomba ficará ligada e o fluxo cortado. Este tempo de 1 minuto foi definido de forma a não danificar a bomba. Durante o corte, o emissor RF, TX-C1, que encontra-se após o hidrômetro, envia um sinal para o receptor RF, RxD1, que está na mão do operador, sinal este que valida o corte no fluxo. Após 1 minuto o controle RF será acionado novamente para que seja normalizado e liberado o fluxo de água.

Esta confirmação do corte se dará com a utilização de uma válvula pressostática ou de sensores após o hidrômetro. Em pesquisa realizada no mercado foram encontrados apenas componentes de alto custo. A válvula com o custo mais baixo foi de R\$600,00 e o sensor R\$800,00 tornando inviável, monetariamente, a colocação dos mesmos na bancada. A utilização apenas de um emissor após o hidrômetro torna-o inoperante, uma vez que este não possuirá um código, gerado por um microcontrolador para enviar para o receptor.

A confirmação é possível de ser realizada de forma simples e de baixo custo. Esta se dará na bancada construída por meio do acendimento de dois leds um confirmando a validade do código recebido pelo receptor e outro informando que a operação de corte foi realizada com sucesso, como mostra a figura a seguir:

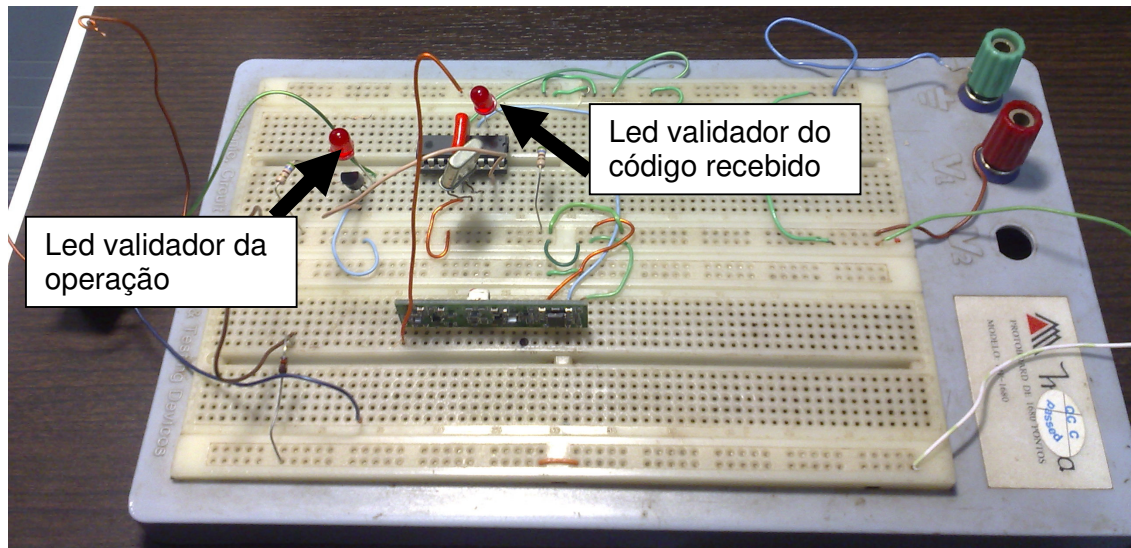


Figura 5.2– Protoboard do receptor com os leds de confirmação

Fonte: O Autor

Desta forma, atende-se uma preocupação citada para a construção da bancada que é o baixo custo. Para que o sinal de confirmação seja enviado para o operador é colocado um emissor, ligado a um microcontrolador PIC após o hidrômetro. Entretanto, esse utilizará do sinal gerado pelo sensor ou pela válvula para assim ser alimentado e enviar um sinal para o receptor que se encontra com o operador.

CAPÍTULO 6 – TESTES REALIZADOS, RESULTADOS E ANALISE

Neste capítulo são apresentados os resultados que foram obtidos nos testes realizados na bancada de testes. Posteriormente, são adicionados os problemas encontrados na construção da bancada, assim como na realização dos testes.

6.1. ANALISE DOS TESTES E PROBLEMAS APRESENTADOS

Os testes realizados, inicialmente, constataram a necessidade da implementação de uma bomba na bancada uma vez que por gravidade o fluxo não era mantido. A bomba foi adicionada e, assim, foi possível dar início aos testes. Foram feitas análises na vazão e na pressão exercida por esta bomba e constatou-se que esta atendia aos requisitos necessários para o bom funcionamento do sistema.

Iniciaram-se os testes e conforme descrito no item 5.1.3, a transmissão via RF ocorreu sem problema, todavia ao ser fechada a válvula solenóide ocorreu um vazamento na conexão da tubulação, que alimenta o sistema, com a válvula. Este vazamento ocorreu devido a bomba estar constantemente funcionando e, como o projeto não está realizando o desligamento da bomba, a mesma tenta manter o fluxo constante. O fluxo é impedido de ocorrer em razão do fechamento da válvula.

Os receptores RF RXD1 sofrem interferências, uma vez que o código que é enviado e recebido não sofre qualquer tipo de codificação, logo esse receptor capta todos os sinais que estão sendo emitidos à sua volta. Esta interferência não chegou a influenciar nos resultados obtidos durante os testes sendo uma das melhorias nesse projeto a realização da codificação.

A distância máxima de comunicação entre o receptor e o emissor é de 9 metros, sendo esta uma distancia razoável para a demonstração do projeto. Entretanto, para a comercialização deste é necessário realizar a escolha de um receptor e um transmissor RF com maior alcance. Para que esta distância de comunicação seja maior é necessário a utilização de um receptor e emissor com maior potencia de alcance ou a utilização de uma antena especifica para emissor

e receptor RF, de forma a ampliar a área de atuação, ou melhor, a distancia de comunicação entre os componentes.

O hidrômetro utilizado no projeto é o residencial e realiza a medição de forma analógica, logo não é possível realizar qualquer tipo de captação de sinal deste componente, apenas a leitura do mesmo visualmente e presencialmente. Com a utilização de um hidrômetro pulsado esta confirmação do corte poderia ser feita por meio do sinal que é gerado durante a medição da vazão, conforme explicado no capítulo 3 item 3.3.8. Com o corte no fluxo este sinal, conseqüentemente, é cortado também e obtém-se assim outra forma de confirmação.

O uso da tecnologia RF pode ser considerado um grande avanço tecnológico, entretanto, em tempos da telemetria, a sua utilização é de grande valia para a melhoria do projeto. Por meio do seu uso é possível que este corte seja feito a quilômetros de distância, através da internet.

Como análise global do projeto, este executou as tarefas conforme o planejado e projetado. Por ser um projeto piloto, com único objetivo de realizar o corte no fluxo de água, as melhorias que foram citadas acima ficam apenas como forma de melhoramento e aprimoramento do mesmo.

CAPÍTULO 7– CONCLUSÃO

Os objetivos gerais e específicos que foram propostos no capítulo 1 foram atendidos na plenitude.

Após identificação e análise da solicitação, a solução da automação teve alguns problemas na escolha do material a ser utilizado. A diversidade de material disponível no mercado é grande, portanto foi feita uma análise minuciosa de todos os componentes para evitar o desperdício de material e de tecnologia.

Para a escolha dos componentes para a montagem da banca, foram usados alguns critérios e metodologias:

- Compatibilidade com a bancada
- Disponibilidade no mercado
- Documentação disponível
- Baixo custo

Durante a construção do projeto e do protótipo alguns problemas foram enfrentados, o kit de desenvolvimento PIC 16f628A devido a dificuldade em achar um simples de forma apenas a realizar a gravação do microcontrolador; a escolha da bomba pois a de uso residencial com menor potencia disponível no mercado, possui uma vazão mínima de 2000 litros por minuto; a válvula solenóide pois os modelos disponíveis no mercado são em sua maioria para uso industrial; os sensores e válvulas para realizarem a confirmação do corte encontrados no mercado com um alto custo como citado no decorrer desta monografia.

Estes problemas foram solucionados e assim foi construído o protótipo e iniciado os testes. Esses foram feitos de forma exaustiva buscando atingir todos os objetivos propostos do projeto. que foram atingidos com total sucesso e exatidão.

Para a construção e desenvolvimento desse projeto foi necessário utilizar os conhecimentos adquiridos no decorrer do curso de engenharia, atendendo a interdisciplinaridade. Assim, foi possível identificar o problema, analisar, propor a melhor solução, construí-la e testá-la.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AZEVEDO NETO; Miguel, Fernandez y Fernandez; Roberto, de Araujo; Acácio, Eiji Ito *Manual de Hidráulica* 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

BRUCE, R. Munson; Donald, F. Young; Theodore, H. Okiishi *Fundamentos da Mecânica dos Fluidos* volume 2, 2ª ed. São Paulo: Editora Edgard Blücher LTDA., 1997.

DAYR SCHIOZER *Mecânica dos Fluidos* 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

FABIO, Pereira *Pic Programação em C* 7ª ed. São Paulo: Érica, 2008.

FOX, Robert W; McDonald, Alan T. *Introdução à Mecânica dos Fluidos* 5ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

POTTER, Merle; WIGGERT, David *Mecânica dos Fluidos* 3ª ed. Thomson, 2002.

SOUSA, Zulcy ; Bortoni, Edson da Consta *Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais* 1ª ed. Minas Gerais: ALSTOM, 2006.

WAGNER, Silva Zanco *Microcontroladores PIC 16F628A/648ª* 1ª ed. São Paulo: Érica, 2005.

Sites

1 . http://www.cp.cefetpr.br/chiesse/Sistemas_Digitais/PIC16f628a.pdf.
Setembro 2008

2. <http://www.rogercom.com/pparalela/LptWireless.htm>
Setembro 2008

3.
<http://www.emersonflowcontrols.com.br/telas2/pagina.asp?id=3&sub=5&aa=15>
Outubro 2008

4. <http://translate.google.com.br/translate?hl=pt-BR&sl=en&u=http://www.rentron.com/PicBasic/RemoteControl.htm&sa=X&oi=translate&resnum=2&ct=result&prev=/search%3Fq%3Drentron%26hl%3Dpt-BR>
Outubro 2008

5. <http://www.electronicapt.com/forum/b46/curso-de-electronica-parte-13-transmissores-e-amplificadores-de-rf/>
Outubro 2008

6. http://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/mod09/m_s05.html
Outubro 2008

7. <http://www.electronicapt.com/forum/b46/curso-de-electronica-parte-13-transmissores-e-amplificadores-de-rf/>
Outubro 2008

APENDICES

A.1 CÓDIGO DE TRANSMISSÃO_TX:

```

LIST P=16F628
    #INCLUDE <P16F628.INC>

#define BANK0    BCF STATUS,RP0    ;SETA BANCO 1 DA MEMORIA
#define BANK1    BSF STATUS,RP0    ;SETA BANCO 0 DA MEMORIA
#define CH1      PORTA,4
#define IR_TX    PORTA,2            ;PINO DE TRANSMISSÃO
#define TOG_BIT  TOGGLE,0
#define CH1_CMD  0X01

;-----;
;DIRETIVAS PARA RX
;-----;

#define ADDRS  0X0B

;-----;
    CNT1 EQU  20H
    CNT2 EQU  21H
    CNT3 EQU  22H
    CNT4 EQU  23H
    TEMPEQU  24H
    TOGGLE   EQU  25H
    ADDREQ   EQU  26H
    CMD      EQU  27H                ; IR BUFFER
    T1       EQU  28H
    T2       EQU  29H
    T3       EQU  2AH
    T4       EQU  2BH
    ACCTEQU   2CH
    ACC      EQU  2DH
;-----;
    ORG      0X0000                ;VETOR DE INICIO DO PROGRAMA
    GOTOINICIO

    RG       0X0004                ;VETOR DE RESET
    RETFIE
;
;-----;
INICIO

    BCF      IR_TX
    CALL DEBOUNCE
    MOVLW    0X07
    MOVWF    CMCON
    BANK1

```

```

        BSF          OPTION_REG,7
        MOVLW        B'00011000'
        MOVWF        TRISA
        MOVLW        B'00000000'
        MOVWF        TRISB
        BANK0
        BCF  INTCON,GIE
        BCF  TOG_BIT
;
;-----;
; MAIN LOOP
;
;-----;
MAIN:

        GOTOABERTURA

MAIN1:
        BTFSS        CH1
        GOTODO_CH1
        NOP
        GOTOMAIN1

;-----;
DO_CH1:  CALL DEBOUNCE
         BTFSC        CH1
         GOTOMAIN1
         MOVLW        CH1_CMD
         MOVWF        CMD
         CALL SEND_RC5
         BTFSS        CH1
         GOTO$-1
         CALL DEBOUNCE
;-----;

MAIN_RX:
         CALL DELAY3500
         CALL GET_RC5
         BTFSC        STATUS,C
         GOTOMAIN_RX
         MOVFADDR,W
         XORLW        ADDRS
         BTFSS        STATUS,Z
         GOTOMAIN_RX
;
;-----;
; LEITURA FORMATO RC5 (CODIGO DE TRASMISSAO/RECEPCAO)
; OUTPUT : TOGGLE.7 = TOGGLE BIT
;         ADDR = ENDEREÇO 5 BIT
;         CDM = COMANDO 6 BIT
;         C = 0 LEITURA OK
;         = 1 LEITURA ERROR
;-----;

```

```

GET_RC5:  BTFSC      IR_RX
          GOTOGET_RC5
          CLRF TMR0
          NOP
          BCF        INTCON,T0IF
          NOP
          BTFSC      INTCON,T0IF
          GOTOERR1
          BTFSS      IR_RX
          GOTO$-3
          MOVFTMR0,W
          MOVWF      TEMP
          MOVLW      0XFF                      ; 1020 mS = 255*4
          SUBWF      TEMP,W
          BTFSC      STATUS,C
          GOTOERR1                      ; ERROR SE TEMPO > 1020 uS
          MOVLW      0XC8                      ; 800 mS
          SUBWF      TEMP,W
          BTFSS      STATUS,C
          GOTOERR1                      ; ERROR SE TEMPO < 800 uS
          (C8h * TM0 Prescaler = 800 uS )
          BTFSC      IR_RX                      ; TEMPO VALIDO ENTRE OS
          VALORES 800uS-1020uS
          GOTO$-1                      ; AGUARA BIT BAIXO (Syn BIT)
          CALL DELAY1252                ; DELAY 3/4 BIT LENGHT=1252
          uS

          BTFSS      IR_RX
          BCF        TOGGLE,7
          BTFSC      IR_RX
          BSF        TOGGLE,7
          BTFSS      IR_RX
          GOTO$+4
          BTFSC      IR_RX
          GOTO$-1
          GTOREAD
          BTFSS      IR_RX
          GOTO$-1

          ;-----;

          ;LE ENDEREÇO DE 5 BIT
          ;
          ;LEITURA PRIMEIRO - MSB
          ;-----;
          READ:      MOVLW      5
                    MOVWF      TEMP                      ; CICLO CONTADOR
                    CLRF ADDR
          READ1:     CALL DELAY1252
                    BTFSS      IR_RX
                    BCF        STATUS,C
                    BTFSC      IR_RX
                    BSF        STATUS,C
                    RLF        ADDR,F                      ; DESLOCA ENDEREÇO A

```


ESQUERDA

```

BTFSS    IR_RX
GOTO$+4
BTFSC    IR_RX
GOTO$-1
GOTO$+3
BTFSS    IR_RX
GOTO$-1
DECFSZ   TEMP,F
GOTOREAD1

```

```

;-----;
;LÊ COMANDO 6 BIT
;LEITURA MSB FIRST
;-----;

```

```

                                MOVLW    6
                                MOVWF    TEMP
                                CLRF     CMD
CMD1:                          CALL     DELAY1252
                                BTFSS    IR_RX
                                BCF      STATUS,C
                                BTFSC    IR_RX
                                BSF      STATUS,C
                                RLF      CMD,F
                                BTFSS    IR_RX
                                GOTO$+4
                                BTFSC    IR_RX
                                GOTO$-1
                                GOTO$+3
                                BTFSS    IR_RX
                                GOTO$-1
                                DECFSZ   TEMP,F
                                GOTOCMD1
                                MOVLW    0X3F                                ;0011 1111
                                ANDWF    CMD,F
                                MOVLW    0X1F                                ;0001 1111
                                ANDWF    ADDR,F
                                BCF      STATUS,C                            ;C=0 INDICA QUE

```

NAÕ HOVE ERRO

RETURN

```

ERR1:      BSF  STATUS,C                                ;C=1 INDICA QUE
HOVE UM ERRO
RETURN

```

```

;-----;
DELAY 1.252mS
;-----;
DELAY1252:

```

```

                                MOVLW    .1
                                MOVWF    CNT1
REP_1:      MOVLW    .5
                                MOVWF    CNT2
REP_2:      MOVLW    .81

```

```

      MOVWF    CNT3
REP_3: DECFSZ   CNT3,F
      GOTOREP_3
      DECFSZ   CNT2,F
      GOTOREP_2
      DECFSZ   CNT1,F
      GOTOREP_1
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      RETURN

```

```

DELAY3500:
      MOVLW    .1
      MOVWF    CNT1
      MOVLW    .23
      MOVWF    CNT2
      MOVLW    .50
      MOVWF    CNT3
      DECFSZ   CNT3,F
      GOTO$-1
      DECFSZ   CNT2,F
      GOTO$-5
      DECFSZ   CNT1,F
      GOTO$-9
      RETLW    0

```

```

;-----;
; ENVIA SINAL LOGICO 0
;-----;
LOGIC0: MOVLW    .32
      MOVWF    CNT1
LOG0_1: BSF     IR_TX
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      GOTO$+1
;-----;
      BCF     IR_TX
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      GOTO$+1
      NOP

      DECFSZ   CNT1,F
      GOTOLOG0_1
      CALL    DELAY_OFF
      RETURN

```

```

;-----;
; ENVIA SINAL LOGICO 1
;-----;
LOGIC1:  CALL DELAY_OFF                ; DELAY 899 uS
        MOVLW    .32                  ;1
        MOVWF    CNT1                 ;1

LOG1_1:  BSF     IR_TX
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1

;-----;
BCF     IR_TX
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        NOP

DECFSZ   CNT1,F
        GOTOLOG1_1
        RETURN

;-----;
; ATRASO
; ATRASO DE APROXIMADAMENTE 835 uS
;-----;
DELAY_OFF:
        MOVLW    5
        MOVWF    CNT3
        MOVLW    .54
        MOVWF    CNT4
        DECFSZ   CNT4,F
        GOTO$-1
        DECFSZ   CNT3,F
        GOTO$-5
        RETURN

;-----;
; ENVIA PADRÃO RC5 PARA RECEPTOR RX
; INPUT : CMD (6 BIT IR - COMANDO)
;-----;
SEND_RC5:
        CALL LOGIC1                  ;ENVIA 2 START BIT
        CALL LOGIC1                  ;ENVIA TOGGLE BIT
        BTFSS    TOG_BIT

        GOTO$+3

```

```

        CALL LOGIC1
        GOTO$+2
        CALL LOGIC0      ;ENVIA ENDEREÇO 5 BIT - 01011 (0X0B)
CALL LOGIC0      ; 0 MSB - PRIMEIRO BIT 4
CALL LOGIC1      ; 1
CALL LOGIC0      ; 0
CALL LOGIC1      ; 1
CALL LOGIC1      ; 1
CALL LOGIC1      ; 1 LSB BIT 0

; ENVIA COMANDO DE 6 BIT(00HH LLLL) PRIMEIRO MSB
BCF      STATUS,C
RLF      CMD,F          ; 0HHL LLL0
RLF      CMD,F          ; HHLL LL00
MOVLW    6
MOVWF    CNT2
RLF      CMD,F          ; ENVIA PRIMEIRO MSB
BTFSS    STATUS,C
GOTO$+3
CALL LOGIC1
GOTO$+2
CALL LOGIC0
DECFSZ    CNT2,F
GOTO$-7
RETLW    0

;-----;
; DELAY 15 mS
;-----;
DEBOUNCE:
        MOVLW    .1          ; 1
        MOVWF    CNT1          ; 1
DEL_1:   MOVLW    .20
        MOVWF    CNT2          ; 1
DEL_2:   CLRF    CNT3          ; 1
DEL_3:   DECFSZ    CNT3,F      ; 1/2
        GOTODEL_3          ; 2
        DECFSZ    CNT2,F      ; 1/2
        GOTODEL_2          ; 2
        DECFSZ    CNT1,F      ; 1/2
        GOTODEL_1          ; 2
        RETLW    0          ; 2
;-----;
; ROTINA DE TEMPORIZACAO
;-----;
_1MS:
        MOVLW    0x02          ;carrega W com 01
        MOVWF    T1          ;carrega T1 com W
        MOVLW    0x00          ;carrega T4 com 0
        MOVWF    T4
        GOTOCAR_1
_5MS:
        MOVLW    0x06          ;carrega W com 06

```

```

MOVWF    T1                ;carrega T1 com W
MOVLW    0x00              ;carrega T4 com 0
MOVWF    T4
GOTOCAR_1

```

_10MS:

```

MOVLW    0x0C              ;carrega W com 12
MOVWF    T1                ;carrega T1 com W
MOVLW    0x00              ;carrega T4 com 0
MOVWF    T4
GOTOCAR_1

```

_20MS:

```

MOVLW    0x18              ;carrega W com 24
MOVWF    T1                ;carrega T1 com W
MOVLW    0x00              ;carrega T4 com 0
MOVWF    T4
GOTOCAR_1

```

_30MS:

```

MOVLW    0x24              ;carrega W com 36
MOVWF    T1                ;carrega T1 com W
MOVLW    0x00              ;carrega T4 com 0
MOVWF    T4
GOTOCAR_1

```

_100MS:

```

MOVLW    0x2B              ;carrega W com 43
MOVWF    T1                ;carrega T1 com W
MOVLW    0x00              ;carrega T4 com 0
MOVWF    T4
GOTOCAR_1

```

_200MS:

```

MOVLW    0x56              ;carrega W com 86
MOVWF    T1                ;carrega T1 com W
MOVLW    0x00              ;carrega T4 com 0
MOVWF    T4
GOTOCAR_1

```

```

;-----;
;AGUARDA 1 SEGUNDO COM CLOK DE 4MHZ
;-----;

```

_1000MS:

```

MOVLW    0x06              ;carrega W com 6
MOVWF    T3                ;carrega T3 com 6
MOVLW    0x01              ;carrega T4 com 1

```

```

MOVWF    T4
CAR:

    MOVLW  0xff                ;carrega W com 255
    MOVWF   T1                ;carrega T1 com W
    BTFSC   T4,0              ;testa bit 0 de T4
    DECFSZ  T3,F              ;decrementa T3
    GOTOCAR_1
    RETURN

CAR_1:

    MOVLW  0xFF                ;carrega W com 255
    MOVWF   T2                ;carrega T2 com 255

DEC_1:

    DECFSZ  T2,1              ;decrementa T2
    GOTODEC_1                ;255 x T1 vezes
    DECFSZ  T1,1              ;decrementa T1
    GOTO    CAR_1             ;volta a carregar T2
    BTFSC   T4,0              ;testa bit 0 de T4
    GOTOCAR                    ;retorna 0 em W
    RETURN

;-----;
_BINTOASCII

    MOVWF   ACCT              ;Move valor de "W" para o "ACCT".
    MOVLW   .0                ;Zera meu contador.
    MOVWF   ACC

BINTOASCII_10

    MOVFW   ACCT              ;Verifica se o numero passado e
maior que 10.
    SUBLW   .10
    BTFSS   STATUS,C
    GOTO    BINTOASCII_20     ;Sim, vai para "BINTOASCII_20".
    BTFSC   STATUS,Z
    GOTO    BINTOASCII_20     ;Sim, vai para "BINTOASCII_20".
    GOTO    BINTOASCII_30     ;Nao, vai para "BINTOASCII_30".

BINTOASCII_20

    SUBLW   .255              ;Devolva o valor numerico par o
equivalente a "VALOR-10".
    ADDLW   .1                ;Devolva o valor numerico par o
equivalente a "VALOR-10".
    MOVWF   ACCT
    INCF    ACC,1             ;O numero e "Acc=Acc+1" vezes maior
que 10.
    GOTO    BINTOASCII_10     ;Retorna para "BINTOASCII_10".
    BINTOASCII_30

```

```

        MOVLW      0XC7
        MOVFW      ACC      ;Soma 30h ao ACC convertendo parte do valor
para o formato ASCII.
        ANDLW      0x0F
        ADDLW      0X30

        END

```

A.2 CÓDIGO DO RECEPTOR

```

LIST P=16F628
#include <P16F628.INC>

```

```

#define BANK0      BCF STATUS,RP0      ;SETA BANCO 1 DA
MEMORIA
#define BANK1      BSF STATUS,RP0      ;SETA BANCO 0 DA
MEMORIA
#define CH1        PORTA,4
#define IR_TX      PORTA,0              ;PINO DE TRANSMISSÃO
#define IR_RX      PORTA,1              ;PINO DE RECEPCAO
#define SENSOR     PORTA,2              ;PINO SENSOR VALVULA
FECHADA
#define VALVULA     PORTA,3              ;SAIDA PARA VALVULA
#define TOG_BIT     TOGGLE,0
#define CH1_CMD     0X01                ;ENDERECO VALVULA ABERTA
#define CH2_CMD     0X02                ;ENDERECO VALVULA FECHADA
#define FLAG_VAL    FLAG,0              ;FLAG DE TESTE

;-----;
;DIRETIVAS PARA RX
;-----;
#define ADDRS      0X0B
;-----;
        CNT1 EQU   20H
        ;
        CNT2 EQU   21H
        ;
        CNT3 EQU   22H
        ;
        CNT4 EQU   23H
        ;
        TEMPEQU    24H
        ;
        TOGGLE     EQU  25H
        ;
        ADDREQU    26H
        ;

```

```

        CMD      EQU 27H
        T1       EQU 28H
        ;
        T2       EQU 29H
        ;
        T3       EQU 2AH
        ;
        T4       EQU 2BH
        ;
        ACCT EQU 2CH
        ;
        ACC      EQU 2DH
        ;
        FLAG EQU 2FH
        ;
;-----;
        ORG      0X0000      ;VETOR DE INICIO DO PROGRAMA
        GOTO INICIO
        ORG      0X0004      ;VETOR DE RESET
        RETFIE
;-----;

INICIO
        BCF      IR_TX
        CALL DEBOUNCE
        MOVLW    0X07
        MOVWF    CMCON
        BANK1
        BSF      OPTION_REG,7
        MOVLW    B'00000010'
        MOVWF    TRISA
        MOVLW    B'00000000'
        MOVWF    TRISB
        BANK0
        BCF      INTCON,GIE
        BCF      TOG_BIT
;-----;
; MAIN LOOP
;-----;
MAIN:

MAIN_RX:
        CALL DELAY3500
        CALL GET_RC5
        BTFSC    STATUS,C
        GOTOMAIN_RX
        MOVF ADDR,W
        XORLW    ADDR
        BTFSS    STATUS,Z
        GOTOMAIN_RX
        BTFSC    FLAG_VAL
        GOTOMAIN_OFF
;-----;

```


MAIN_ON

```
BSF          VALVULA
NOP
BTFSS       SENSOR
GOTOMAIN_ON
BSF          FLAG_VAL
GOTODO_CH1
```

MAIN_OFF

```
BCF          VALVULA
NOP
BTFSC       SENSOR
GOTOMAIN_OFF
BCF          FLAG_VAL
GOTODO_CH2
```

;

```

;-----;
DO_CH1:  CALL DEBOUNCE      ;ENVIA CODIGO VALVULA ABERTA
         MOVLW      CH1_CMD
         MOVWF      CMD
         CALL SEND_RC5
         CALL DEBOUNCE
         GOTOMAIN

```

```

;-----;
DO_CH2:  CALL DEBOUNCE      ;ENVIA CODIGO VALVULA FECHADA
         MOVLW      CH2_GMD
         MOVWF      CMD
         CALL SEND_RC5
         CALL DEBOUNCE
         GOTOMAIN

```

```

;-----;
; LEITURA FORMATO RC5 (CODIGO DE TRANSMISSAO/RECEPCAO)
; OUTPUT : TOGGLE.7 = TOGGLE BIT
;         ADDR = ENDEREÇO 5 BIT
;         CDM = COMANDO 6 BIT
;         C = 0 LEITURA OK
;         = 1 LEITURA ERROR

```

```

GET_RC5:  BTFSC      IR_RX
          GOTOGET_RC5
          CLRFB TMR0
          NOP
          BCF        INTCON,T0IF
          NOP
          BTFSC      INTCON,T0IF
          GOTOERR1
          BTFSS      IR_RX
          GOTO$-3
          MOVFBTMR0,W
          MOVWF      TEMP
          MOVLW      0XFF          ; 1020 mS = 255*4
          SUBWF      TEMP,W

```

```

        BTFSC      STATUS,C
        GOTOERR1   ; ERROR SE TEMPO > 1020 uS
        MOVLW      0XC8      ; 800 mS
        SUBWF      TEMP,W
        BTFSS      STATUS,C
        GOTOERR1   ; ERROR SE TEMPO < 800 uS
(C8h * TM0 Prescaler = 800 uS )

        BTFSC      IR_RX      ; TEMPO VALIDO ENTRE OS
VALORES 800uS-1020uS
        GOTO$-1      ; AGUARA BIT BAIXO (Syn BIT)
        CALL DELAY1252      ; DELAY 3/4 BIT LENGHT=1252
uS

        BTFSS      IR_RX
        BCF        TOGGLE,7
        BTFSC      IR_RX
        BSF        TOGGLE,7
        BTFSS      IR_RX
        GOTO$+4
        BTFSC      IR_RX
        GOTO$-1
        GOTOREAD
        BTFSS      IR_RX
        GOTO$-1
;-----;

;LE ENDEREÇO DE 5 BIT
;
;LEITURA PRIMEIRO - MSB
;-----;
READ:      MOVLW      5
           MOVWF      TEMP      ; CICLO CONTADOR
           CLRF ADDR
READ1:     CALL DELAY1252
           BTFSS      IR_RX
           BCF        STATUS,C
           BTFSC      IR_RX
           BSF        STATUS,C
           RLF        ADDR,F    ; DESLOCA ENDEREÇO A
ESQUERDA

           BTFSS      IR_RX
           GOTO$+4
           BTFSC      IR_RX
           GOTO$-1
           GOTO$+3
           BTFSS      IR_RX
           GOTO$-1
           DECFSZ     TEMP,F
           GTOREAD1
;-----;
;LÊ COMANDO 6 BIT
;LEITURA MSB FIRST
;-----;

```

```

        MOVLW    6
        MOVWF    TEMP
        CLRF     CMD
CMD1:    CALL     DELAY1252
        BTFSS    IR_RX
        BCF      STATUS,C
        BTFSC    IR_RX
        BSF      STATUS,C
        RLF      CMD,F
        BTFSS    IR_RX
        GOTO$+4
        BTFSC    IR_RX
        GOTO$-1
        GOTO$+3
        BTFSS    IR_RX
        GOTO$-1
        DECFSZ   TEMP,F
        GOTOCMD1
        MOVLW    0X3F                      ;0011 1111
        ANDWF    CMD,F
        MOVLW    0X1F                      ;0001 1111
        ANDWF    ADDR,F
        BCF      STATUS,C ;C=0 INDICA QUE NÃO HOUE
ERRO
        RETURN

```

```

ERR1:    BSF     STATUS,C ;C=1 INDICA QUE HOUE UM ERRO
        RETURN

```

```

;-----;
; DELAY 1.252mS
;-----;

```

DELAY1252:

```

        MOVLW    .1
        MOVWF    CNT1
REP_1:   MOVLW    .5
        MOVWF    CNT2
REP_2:   MOVLW    .81
        MOVWF    CNT3
REP_3:   DECFSZ   CNT3,F
        GOTOREP_3
        DECFSZ   CNT2,F
        GOTOREP_2
        DECFSZ   CNT1,F
        GOTOREP_1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        RETURN

```

DELAY3500:

```

        MOVLW    .1
        MOVWF    CNT1

```

```

        MOVLW    .23
        MOVWF    CNT2
        MOVLW    .50
        MOVWF    CNT3
        DECFSZ   CNT3,F
        GOTO$-1
        DECFSZ   CNT2,F
        GOTO$-5
        DECFSZ   CNT1,F
        GOTO$-9
        RETLW    0
;-----;
; ENVIA SINAL LOGICO 0
;-----;
LOGIC0:  MOVLW    .32
        MOVWF    CNT1

LOG0_1:  BSF     IR_TX
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
;-----;
        BCF     IR_TX
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        NOP
        DECFSZ   CNT1,F
        GOTOLOG0_1
        CALL DELAY_OFF
        RETURN
;-----;
; ENVIA SINAL LOGICO 1
;-----;

LOGIC1:  CALL DELAY_OFF
        DELAY 899 uS
        MOVLW    .32
        MOVWF    CNT1
LOG1_1:  BSF     IR_TX
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
;-----;
        BCF     IR_TX
        GOTO$+1

```

```

;1
;1

```

```

GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
NOP
DECFSZ    CNT1,F
GOTOLOG1_1
RETURN

```

```

;-----;
; ATRASO
; ATRASO DE APROXIMADAMENTE 835 uS
;-----;

```

DELAY_OFF:

```

MOVLW     5
MOVWF     CNT3
MOVLW     .54
MOVWF     CNT4
DECFSZ    CNT4,F
GOTO$-1
DECFSZ    CNT3,F
GOTO$-5
RETURN

```

```

;-----;
; ENVIA PADRÃO RC5 PARA RECEPTOR RX
; INPUT : CMD (6 BIT IR - COMANDO)
;-----;

```

```

SEND_RC5:                                     ;ENVIA 2 START BIT
CALL LOGIC1
CALL LOGIC1                                     ;ENVIA TOGGLE BIT
BTFSS     TOG_BIT
GOTO$+3
CALL LOGIC1
GOTO$+2
CALL LOGIC0                                     ;ENVIA ENDEREÇO 5 BIT - 01011 (0X0B)
CALL LOGIC0                                     ; 0 MSB - PRIMEIRO BIT 4
CALL LOGIC1                                     ; 1
CALL LOGIC0                                     ; 0
CALL LOGIC1                                     ; 1
CALL LOGIC1                                     ; 1 LSB BIT 0
                                           ; ENVIA COMANDO DE 6 BIT(00HH LLLL) PRIMEIRO MSB
BCF       STATUS,C
RLF       CMD,F                               ; 0HHL LLL0
RLF       CMD,F                               ; HHLL LL00
MOVLW     6
MOVWF     CNT2
RLF       CMD,F                               ; ENVIA PRIMEIRO MSB
BTFSS     STATUS,C
GOTO$+3
CALL LOGIC1
GOTO$+2

```

```

CALL LOGIC0
DECFSZ    CNT2,F
GOTO$-7
RETLW     0
;-----;
; DELAY 15 mS
;-----;
DEBOUNCE:
    MOVLW    .1                ; 1
    MOVWF    CNT1              ; 1
DEL_1:    MOVLW    .20
    MOVWF    CNT2              ; 1
DEL_2:    CLRF    CNT3          ; 1
DEL_3:    DECFSZ    CNT3,F      ; 1/2
    GOTODEL_3                ; 2
    DECFSZ    CNT2,F          ; 1/2
    GOTODEL_2                ; 2
    DECFSZ    CNT1,F          ; 1/2
    GOTODEL_1                ; 2
    RETLW     0                ; 2
;-----;

```

END

end

```
LIST P=16F628
#include <P16F628.INC>
```

```
#DEFINE BANK0 BCF STATUS,RP0 ;SETA BANCO 1 DA
MEMORIA
#DEFINE BANK1 BSF STATUS,RP0 ;SETA BANCO 0 DA
MEMORIA
#DEFINE CH1 PORTA,4
#DEFINE IR_TX PORTA,0 ;PINO DE TRANSMISSÃO
#DEFINE IR_RX PORTA,1 ;PINO DE RECEPCAO
#DEFINE SENSOR PORTA,2 ;PINO SENSOR VALVULA
FECHADA
#DEFINE VALVULA PORTA,3 ;SAIDA PARA VALVULA
#DEFINE TOG_BIT TOGGLE,0
#DEFINE CH1_CMD 0X01 ;ENDERECO VALVULA
ABERTA
#DEFINE CH2_CMD 0X02 ;ENDERECO VALVULA
FECHADA
#DEFINE FLAG_VAL FLAG,0 ;FLAG DE TESTE
```

```
;-----;
;DIRETIVAS PARA RX
;-----;
#DEFINE ADDRS 0X0B
;-----;
    CNT1 EQU 20H
    ;
    CNT2 EQU 21H
    ;
    CNT3 EQU 22H
    ;
    CNT4 EQU 23H
    ;
    TEMPEQU 24H
    ;
    TOGGLE EQU 25H
    ;
    ADDREQU 26H
    ;
    CMD EQU 27H ; IR BUFFER
    T1 EQU 28H
    ;
    T2 EQU 29H
    ;
    T3 EQU 2AH
    ;
    T4 EQU 2BH
    ;
    ACCT EQU 2CH
```

```

;
ACC      EQU  2DH
;
FLAG EQU 2FH
;
;-----;
ORG      0X0000      ;VETOR DE INICIO DO PROGRAMA
GOTOINICIO
ORG      0X0004      ;VETOR DE RESET
RETFIE
;-----;

```

INICIO

```

BCF      IR_TX
CALL DEBOUNCE
MOVLW    0X07
MOVWF    CMCON
BANK1
BSF      OPTION_REG,7
MOVLW    B'00000010'
MOVWF    TRISA
MOVLW    B'00000000'
MOVWF    TRISB
BANK0
BCF      INTCON,GIE
BCF      TOG_BIT
;-----;
; MAIN LOOP
;-----;
MAIN:

```

MAIN_RX:

```

CALL DELAY3500
CALL GET_RC5
BTFSC    STATUS,C
GOTOMAIN_RX
MOVFADDR,W
XORLW    ADDRS
BTFSS    STATUS,Z
GOTOMAIN_RX
BTFSC    FLAG_VAL
GOTOMAIN_OFF
;-----;
MAIN_ON

```

```

BSF      VALVULA
NOP
BTFSS    SENSOR
GOTOMAIN_ON
BSF      FLAG_VAL
GOTODO_CH1

```


MAIN_OFF

```
BCF      VALVULA
NOP
BTFSC    SENSOR
GOTOMAIN_OFF
BCF      FLAG_VAL
GOTODO_CH2
```

;

```
-----;
DO_CH1:  CALL DEBOUNCE      ;ENVIA CODIGO VALVULA ABERTA
          MOVLW    CH1_CMD
          MOVWF    CMD
          CALL SEND_RC5
          CALL DEBOUNCE
          GOTOMAIN

-----;
DO_CH2:  CALL DEBOUNCE      ;ENVIA CODIGO VALVULA FECHADA
          MOVLW    CH2_CMD
          MOVWF    CMD
          CALL SEND_RC5
          CALL DEBOUNCE
          GOTOMAIN
```

```
-----;
; LEITURA FORMATO RC5 (CODIGO DE TRASMISSAO/RECEPCAO)
; OUTPUT : TOGGLE.7 = TOGGLE BIT
;         ADDR = ENDEREÇO 5 BIT
;         CDM = COMANDO 6 BIT
;         C = 0 LEITURA OK
;         = 1 LEITURA ERROR
-----;
```

```
GET_RC5: BTFSC    IR_RX
          GOTOGET_RC5
          CLRF TMR0
          NOP
          BCF     INTCON,T0IF
          NOP
          BTFSC    INTCON,T0IF
          GOTOERR1
          BTFSS    IR_RX
          GOTO$-3
          MOVFTMR0,W
          MOVWF    TEMP
          MOVLW    0XFF      ; 1020 mS = 255*4
          SUBWF    TEMP,W
          BTFSC    STATUS,C
          GOTOERR1      ; ERROR SE TEMPO > 1020 uS
          MOVLW    0XC8      ; 800 mS
          SUBWF    TEMP,W
```

```

                                BTFSS     STATUS,C
                                GOTOERR1      ; ERROR SE TEMPO < 800 uS
(C8h * TM0 Prescaler = 800 uS )

                                BTFSC      IR_RX      ; TEMPO VALIDO ENTRE OS
VALORES 800uS-1020uS
                                GOTO$-1      ; AGUARA BIT BAIXO (Syn BIT)
                                CALL DELAY1252    ; DELAY 3/4 BIT LENGHT=1252
uS

                                BTFSS      IR_RX
                                BCF        TOGGLE,7
                                BTFSC      IR_RX
                                BSF        TOGGLE,7
                                BTFSS      IR_RX
                                GOTO$+4
                                BTFSC      IR_RX
                                GOTO$-1
                                GOTOREAD
                                BTFSS      IR_RX
                                GOTO$-1

;-----;

;LE ENDEREÇO DE 5 BIT
;
;LEITURA PRIMEIRO - MSB
;-----;
READ:      MOVLW      5
            MOVWF     TEMP      ; CICLO CONTADOR
            CLRF      ADDR
READ1:     CALL DELAY1252
            BTFSS     IR_RX
            BCF       STATUS,C
            BTFSC     IR_RX
            BSF       STATUS,C
            RLF       ADDR,F    ; DESLOCA ENDEREÇO A
ESQUERDA

            BTFSS     IR_RX
            GOTO$+4
            BTFSC     IR_RX
            GOTO$-1
            GOTO$+3
            BTFSS     IR_RX
            GOTO$-1
            DECFSZ    TEMP,F
            GOTOREAD1

;-----;
;LÊ COMANDO 6 BIT
;LEITURA MSB FIRST
;-----;
            MOVLW     6

```

```

                                MOVWF    TEMP
                                CLRF CMD
CMD1:                          CALL DELAY1252
                                BTFSS    IR_RX
                                BCF      STATUS,C
                                BTFSC    IR_RX
                                BSF      STATUS,C
                                RLF      CMD,F
                                BTFSS    IR_RX
                                GOTO$+4
                                BTFSC    IR_RX
                                GOTO$-1
                                GOTO$+3
                                BTFSS    IR_RX
                                GOTO$-1
                                DECFSZ   TEMP,F
                                GTOCMD1
                                MOVLW    0X3F                                ;0011 1111
                                ANDWF    CMD,F
                                MOVLW    0X1F                                ;0001 1111
                                ANDWF    ADDR,F
                                BCF      STATUS,C    ;C=0 INDICA QUE NÃO HOUE
ERRO
                                RETURN

```

```

ERR1:    BSF  STATUS,C    ;C=1 INDICA QUE HOUE UM ERRO
          RETURN

```

```

;-----;
; DELAY 1.252mS
;-----;

```

DELAY1252:

```

                                MOVLW    .1
                                MOVWF    CNT1
REP_1:    MOVLW    .5
                                MOVWF    CNT2
REP_2:    MOVLW    .81
                                MOVWF    CNT3
REP_3:    DECFSZ   CNT3,F
                                GTOREP_3
                                DECFSZ   CNT2,F
                                GTOREP_2
                                DECFSZ   CNT1,F
                                GTOREP_1
                                GOTO$+1
                                GOTO$+1
                                GOTO$+1
                                GOTO$+1
                                RETURN

```

DELAY3500:

```

        MOVLW    .1
        MOVWF    CNT1
        MOVLW    .23
        MOVWF    CNT2
        MOVLW    .50
        MOVWF    CNT3
        DECFSZ   CNT3,F
        GOTO$-1
        DECFSZ   CNT2,F
        GOTO$-5
        DECFSZ   CNT1,F
        GOTO$-9
        RETLW    0
;-----;
; ENVIA SINAL LOGICO 0
;-----;
LOGIC0:  MOVLW    .32
        MOVWF    CNT1

LOG0_1:  BSF     IR_TX
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
;-----;
        BCF     IR_TX
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        NOP
        DECFSZ   CNT1,F
        GOTOLOG0_1
        CALL     DELAY_OFF
        RETURN
;-----;
; ENVIA SINAL LOGICO 1
;-----;

LOGIC1:  CALL     DELAY_OFF
DELAY 899 uS
        MOVLW    .32
        MOVWF    CNT1
LOG1_1:  BSF     IR_TX
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
;1
;1

```

```

GOTO$+1

;-----;
BCF IR_TX
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
NOP
DECFSZ CNT1,F
GOTOLOG1_1
RETURN

;-----;
; ATRASO
; ATRASO DE APROXIMADAMENTE 835 uS
;-----;

DELAY_OFF:
    MOVLW    5
    MOVWF    CNT3
    MOVLW    .54
    MOVWF    CNT4
    DECFSZ   CNT4,F
    GOTO$-1
    DECFSZ   CNT3,F
    GOTO$-5
    RETURN

;-----;
; ENVIA PADRÃO RC5 PARA RECEPTOR RX
; INPUT : CMD (6 BIT IR - COMANDO)
;-----;
SEND_RC5:                                ;ENVIA 2 START BIT
    CALL LOGIC1
    CALL LOGIC1                            ;ENVIA TOGGLE BIT
    BTFSS    TOG_BIT
    GOTO$+3
    CALL LOGIC1
    GOTO$+2
    CALL LOGIC0                            ;ENVIA ENDEREÇO 5 BIT - 01011 (0X0B)
    CALL LOGIC0                            ; 0 MSB - PRIMEIRO BIT 4
    CALL LOGIC1                            ; 1
    CALL LOGIC0                            ; 0
    CALL LOGIC1                            ; 1
    CALL LOGIC1                            ; 1 LSB BIT 0
    ; ENVIA COMANDO DE 6 BIT(00HH LLLL) PRIMEIRO MSB
    BCF      STATUS,C
    RLF      CMD,F                        ; 0HHL LLL0

```

```

    RLF      CMD,F          ; HHLL LL00
    MOVLW    6
    MOVWF    CNT2
    RLF      CMD,F          ; ENVIA PRIMEIRO MSB
    BTFSS    STATUS,C
    GOTO$+3
    CALL LOGIC1
    GOTO$+2
    CALL LOGIC0
    DECFSZ   CNT2,F
    GOTO$-7
    RETLW    0
;-----;
; DELAY 15 mS
;-----;
DEBOUNCE:
    MOVLW    .1             ; 1
    MOVWF    CNT1           ; 1
DEL_1:    MOVLW    .20
    MOVWF    CNT2           ; 1
DEL_2:    CLRF    CNT3       ; 1
DEL_3:    DECFSZ   CNT3,F    ; 1/2
    GOTODEL_3             ; 2
    DECFSZ   CNT2,F        ; 1/2
    GOTODEL_2             ; 2
    DECFSZ   CNT1,F        ; 1/2
    GOTODEL_1             ; 2
    RETLW    0             ; 2
;-----;

```

END

A.1 CÓDIGO DE TRANSMISSÃO_TX:

```
LIST P=16F628
    #INCLUDE <P16F628.INC>

#DEFINE BANK0    BCF STATUS,RP0    ;SETA BANCO 1 DA
MEMORIA
#DEFINE BANK1    BSF STATUS,RP0    ;SETA BANCO 0 DA
MEMORIA
#DEFINE CH1      PORTA,4
#DEFINE IR_TX    PORTA,2            ;PINO DE TRANSMISSÃO
#DEFINE TOG_BIT  TOGGLE,0
#DEFINE CH1_CMD   0X01

;-----;
;DIRETIVAS PARA RX
;-----;

#DEFINE ADDRS    0X0B

;-----;
    CNT1 EQU 20H
    CNT2 EQU 21H
    CNT3 EQU 22H
    CNT4 EQU 23H
    TEMPEQU 24H
    TOGGLE EQU 25H
    ADDREQU 26H
    CMD EQU 27H                ; IR BUFFER
    T1 EQU 28H
    T2 EQU 29H
    T3 EQU 2AH
    T4 EQU 2BH
    ACCT EQU 2CH
    ACC EQU 2DH
;-----;
    ORG 0X0000                ;VETOR DE INICIO DO PROGRAMA
    GOTOINICIO

    RG 0X0004                ;VETOR DE RESET
    RETFIE
;
;-----;
INICIO

    BCF IR_TX
    CALL DEBOUNCE
    MOVLW 0X07
```

```

MOVWF      CMCON
BANK1
BSF        OPTION_REG,7
MOVLW     B'00011000'
MOVWF     TRISA
MOVLW     B'00000000'
MOVWF     TRISB
BANK0
BCF  INTCON,GIE
BCF  TOG_BIT

;
;-----;
; MAIN LOOP

;-----;
MAIN:

    GOTOABERTURA

MAIN1:
    BTFSS    CH1
    GOTODO_CH1
    NOP
    GOTOMAIN1

;-----;
DO_CH1:  CALL DEBOUNCE
        BTFSC    CH1
        GOTOMAIN1
        MOVLW    CH1_CMD
        MOVWF    CMD
        CALL SEND_RC5
        BTFSS    CH1
        GOTO$-1
        CALL DEBOUNCE

;-----;

MAIN_RX:

        CALL DELAY3500
        CALL GET_RC5
        BTFSC    STATUS,C
        GOTOMAIN_RX
        MOVFADDR,W
        XORLW    ADDRS
        BTFSS    STATUS,Z
        GOTOMAIN_RX

;
;-----;
; LEITURA FORMATO RC5 (CODIGO DE TRASMISSAO/RECEPCAO)
; OUTPUT : TOGGLE.7 = TOGGLE BIT

```



```

;      ADDR = ENDEREÇO 5 BIT
;      CDM = COMANDO 6 BIT
;      C = 0 LEITURA OK
;      = 1 LEITURA ERROR
;-----;
GET_RC5:  BTFSC      IR_RX
          GOTOGET_RC5
          CLRF TMR0
          NOP
          BCF        INTCON,T0IF
          NOP
          BTFSC      INTCON,T0IF
          GOTOERR1
          BTFSS      IR_RX
          GOTO$-3
          MOVFTMR0,W
          MOVWF      TEMP
          MOVLW      0XFF                      ; 1020 mS = 255*4
          SUBWF      TEMP,W
          BTFSC      STATUS,C
          GOTOERR1                          ; ERROR SE TEMPO > 1020 uS
          MOVLW      0XC8                      ; 800 mS
          SUBWF      TEMP,W
          BTFSS      STATUS,C
          GOTOERR1                          ; ERROR SE TEMPO < 800 uS
(C8h * TM0 Prescaler = 800 uS )
          BTFSC      IR_RX                  ; TEMPO VALIDO ENTRE OS
VALORES 800uS-1020uS
          GOTO$-1                          ; AGUARA BIT BAIXO (Syn BIT)
          CALL DELAY1252                  ; DELAY 3/4 BIT LENGHT=1252
uS
          BTFSS      IR_RX
          BCF        TOGGLE,7
          BTFSC      IR_RX
          BSF        TOGGLE,7
          BTFSS      IR_RX
          GOTO$+4
          BTFSC      IR_RX
          GOTO$-1
          GOTOREAD
          BTFSS      IR_RX
          GOTO$-1

;-----;

;LE ENDEREÇO DE 5 BIT
;
;LEITURA PRIMEIRO - MSB
;-----;
READ:      MOVLW      5

```

```

MOVWF    TEMP                ; CICLO CONTADOR
CLRF ADDR
READ1:   CALL DELAY1252
BTFSS    IR_RX
BCF      STATUS,C
BTFSC    IR_RX
BSF      STATUS,C
RLF      ADDR,F              ; DESLOCA ENDEREÇO
A ESQUERDA
BTFSS    IR_RX
GOTO$+4
BTFSC    IR_RX
GOTO$-1
GOTO$+3
BTFSS    IR_RX
GOTO$-1
DECFSZ   TEMP,F
GOTOREAD1
;-----;
;LÊ COMANDO 6 BIT
;LEITURA MSB FIRST
;-----;
MOV LW   6
MOVWF    TEMP
CLRF CMD
CMD1:    CALL DELAY1252
BTFSS    IR_RX
BCF      STATUS,C
BTFSC    IR_RX
BSF      STATUS,C
RLF      CMD,F
BTFSS    IR_RX
GOTO$+4
BTFSC    IR_RX
GOTO$-1
GOTO$+3
BTFSS    IR_RX
GOTO$-1
DECFSZ   TEMP,F
GOTOCMD1
MOVLW    0X3F                ;0011 1111
ANDWF    CMD,F
MOVLW    0X1F                ;0001 1111
ANDWF    ADDR,F
BCF      STATUS,C            ;C=0 INDICA QUE
NAÕ HOVE ERRO
RETURN

ERR1:    BSF STATUS,C        ;C=1 INDICA QUE
HOVE UM ERRO

```

RETURN

```
;-----;  
; DELAY 1.252mS
```

```
;-----;  
DELAY1252:
```

```
        MOVLW    .1  
        MOVWF    CNT1  
REP_1:   MOVLW    .5  
        MOVWF    CNT2  
REP_2:   MOVLW    .81  
        MOVWF    CNT3  
REP_3:   DECFSZ   CNT3,F  
        GOTO     REP_3  
        DECFSZ   CNT2,F  
        GOTO     REP_2  
        DECFSZ   CNT1,F  
        GOTO     REP_1  
        GOTO     $+1  
        GOTO     $+1  
        GOTO     $+1  
        GOTO     $+1  
        RETURN
```

```
DELAY3500:
```

```
        MOVLW    .1  
        MOVWF    CNT1  
        MOVLW    .23  
        MOVWF    CNT2  
        MOVLW    .50  
        MOVWF    CNT3  
        DECFSZ   CNT3,F  
        GOTO     $-1  
        DECFSZ   CNT2,F  
        GOTO     $-5  
        DECFSZ   CNT1,F  
        GOTO     $-9  
        RETLW    0
```

```
;-----;  
; ENVIA SINAL LOGICO 0
```

```
;-----;
```

```
LOGIC0:  MOVLW    .32  
        MOVWF    CNT1  
LOG0_1:  BSF     IR_TX  
        GOTO     $+1  
        GOTO     $+1  
        GOTO     $+1  
        GOTO     $+1
```

```
;-----;
```

```

BCF IR_TX
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
NOP

DECFSZ CNT1,F
GOTOLOG0_1
CALL DELAY_OFF
RETURN

```

```

;-----;
; ENVIA SINAL LOGICO 1
;-----;
LOGIC1: CALL DELAY_OFF           ; DELAY 899 uS
        MOVLW    .32            ;1
        MOVWF    CNT1          ;1

```

```

LOG1_1: BSF IR_TX
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1
        GOTO$+1

```

```

;-----;
BCF IR_TX
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
GOTO$+1
NOP

```

```

DECFSZ CNT1,F
GOTOLOG1_1
RETURN

```

```

;-----;
; ATRASO
; ATRASO DE APROXIMADAMENTE 835 uS
;-----;

```

```

DELAY_OFF:
        MOVLW    5
        MOVWF    CNT3
        MOVLW    .54

```

```

MOVWF    CNT4
DECFSZ   CNT4,F
GOTO$-1
DECFSZ   CNT3,F
GOTO$-5
RETURN

```

```

;-----;
; ENVIA PADRÃO RC5 PARA RECEPTOR RX
; INPUT : CMD (6 BIT IR - COMANDO)
;-----;

```

```

SEND_RC5:
    CALL LOGIC1                ;ENVIA 2 START
    BIT
    CALL LOGIC1                ;ENVIA TOGGLE
    BIT
    BTFSS   TOG_BIT

```

```

    GOTO$+3
    CALL LOGIC1
    GOTO$+2
    CALL LOGIC0                ;ENVIA ENDEREÇO 5 BIT - 01011 (0X0B)
    CALL LOGIC0                ; 0 MSB - PRIMEIRO BIT 4
    CALL LOGIC1                ; 1
    CALL LOGIC0                ; 0
    CALL LOGIC1                ; 1
    CALL LOGIC1                ; 1 LSB BIT 0

```

```

; ENVIA COMANDO DE 6 BIT(00HH LLLL) PRIMEIRO MSB
BCF      STATUS,C
RLF      CMD,F                ; 0HHL LLL0
RLF      CMD,F                ; HHLL LL00
MOVLW    6
MOVWF    CNT2
RLF      CMD,F                ; ENVIA PRIMEIRO MSB
BTFSS    STATUS,C
GOTO$+3
CALL LOGIC1
GOTO$+2
CALL LOGIC0
DECFSZ   CNT2,F
GOTO$-7
RETLW    0

```

```

;-----;
; DELAY 15 mS
;-----;

```

```

DEBOUNCE:
    MOVLW    .1                ; 1
    MOVWF    CNT1              ; 1

```

DEL_1:	MOVLW	.20	
	MOVWF	CNT2	; 1
DEL_2:	CLRF	CNT3	; 1
DEL_3:	DECFSZ	CNT3,F	; 1/2
	GOTODEL_3		; 2
	DECFSZ	CNT2,F	; 1/2
	GOTODEL_2		; 2
	DECFSZ	CNT1,F	; 1/2
	GOTODEL_1		; 2
	RETLW	0	; 2
;-----;			
; ROTINA DE TEMPORIZACAO			
;-----;			
_1MS:			
	MOVLW	0x02	;carrega W com 01
	MOVWF	T1	;carrega T1 com W
	MOVLW	0x00	;carrega T4 com 0
	MOVWF	T4	
	GOTOCAR_1		
_5MS:			
	MOVLW	0x06	;carrega W com 06
	MOVWF	T1	;carrega T1 com W
	MOVLW	0x00	;carrega T4 com 0
	MOVWF	T4	
	GOTOCAR_1		
_10MS:			
	MOVLW	0x0C	;carrega W com 12
	MOVWF	T1	;carrega T1 com W
	MOVLW	0x00	;carrega T4 com 0
	MOVWF	T4	
	GOTOCAR_1		
_20MS:			
	MOVLW	0x18	;carrega W com 24
	MOVWF	T1	;carrega T1 com W
	MOVLW	0x00	;carrega T4 com 0
	MOVWF	T4	
	GOTOCAR_1		
_30MS:			
	MOVLW	0x24	;carrega W com 36
	MOVWF	T1	;carrega T1 com W
	MOVLW	0x00	;carrega T4 com 0
	MOVWF	T4	
	GOTOCAR_1		

_100MS:

MOVLW 0x2B	;carrega W com 43
MOVWF T1	;carrega T1 com W
MOVLW 0x00	;carrega T4 com 0
MOVWF T4	
GOTOCAR_1	

_200MS:

MOVLW 0x56	;carrega W com 86
MOVWF T1	;carrega T1 com W
MOVLW 0x00	;carrega T4 com 0
MOVWF T4	
GOTOCAR_1	

-----;
;AGUARDA 1 SEGUNDO COM CLOK DE 4MHZ
-----;

_1000MS:

MOVLW 0x06	;carrega W com 6
MOVWF T3	;carrega T3 com 6
MOVLW 0x01	;carrega T4 com 1
MOVWF T4	

CAR:

255	MOVLW 0xff	;carrega W com
	MOVWF T1	;carrega T1 com W
	BTFSC T4,0	;testa bit 0 de T4
	DECFSZ T3,F	;decrementa T3
	GOTOCAR_1	
	RETURN	

CAR_1:

255	MOVLW 0xFF	;carrega W com
255	MOVWF T2	;carrega T2 com

DEC_1:

DECFSZ T2,1	;decrementa T2
GOTODEC_1	;255 x T1 vezes
DECFSZ T1,1	;decrementa T1
GOTO CAR_1	;volta a carregar T2
BTFSC T4,0	;testa bit 0 de T4
GOTOCAR	;retorna 0 em W

```

        RETURN
;-----;
_BINTOASCII

        MOVWF      ACCT      ;Move valor de "W" para o
"ACCT".    MOVLW      .0      ;Zera meu contador.

        MOVWF      ACC

BINTOASCII_10

        MOVFW      ACCT      ;Verifica se o numero passado e
maior que 10.
        SUBLW      .10
        BTFSS      STATUS,C
        GOTO       BINTOASCII_20      ;Sim, vai para "BINTOASCII_20".
        BTFSC      STATUS,Z
        GOTO       BINTOASCII_20      ;Sim, vai para "BINTOASCII_20".
        GOTO       BINTOASCII_30      ;Nao, vai para
"BINTOASCII_30".
BINTOASCII_20

        SUBLW      .255      ;Devolva o valor numerico par o
equivalente a "VALOR-10".
        ADDLW      .1      ;Devolva o valor numerico par o
equivalente a "VALOR-10".
        MOVWF      ACCT
        INCF       ACC,1      ;O numero e "Acc=Acc+1" vezes maior
que 10.
        GOTO       BINTOASCII_10      ;Retorna para "BINTOASCII_10".
        BINTOASCII_30

        MOVLW      0XC7
        MOVFW      ACC      ;Soma 30h ao ACC convertendo parte do
valor para o formato ASCII.
        ANDLW      0x0F
        ADDLW      0X30

END

```